



직업건강
가이드라인

작업 전 안전점검
당신의 생명을 지킵니다

조심조심
코리아

Occupational Safety & Health Guideline

사무실에서의 실내 공기질 관리

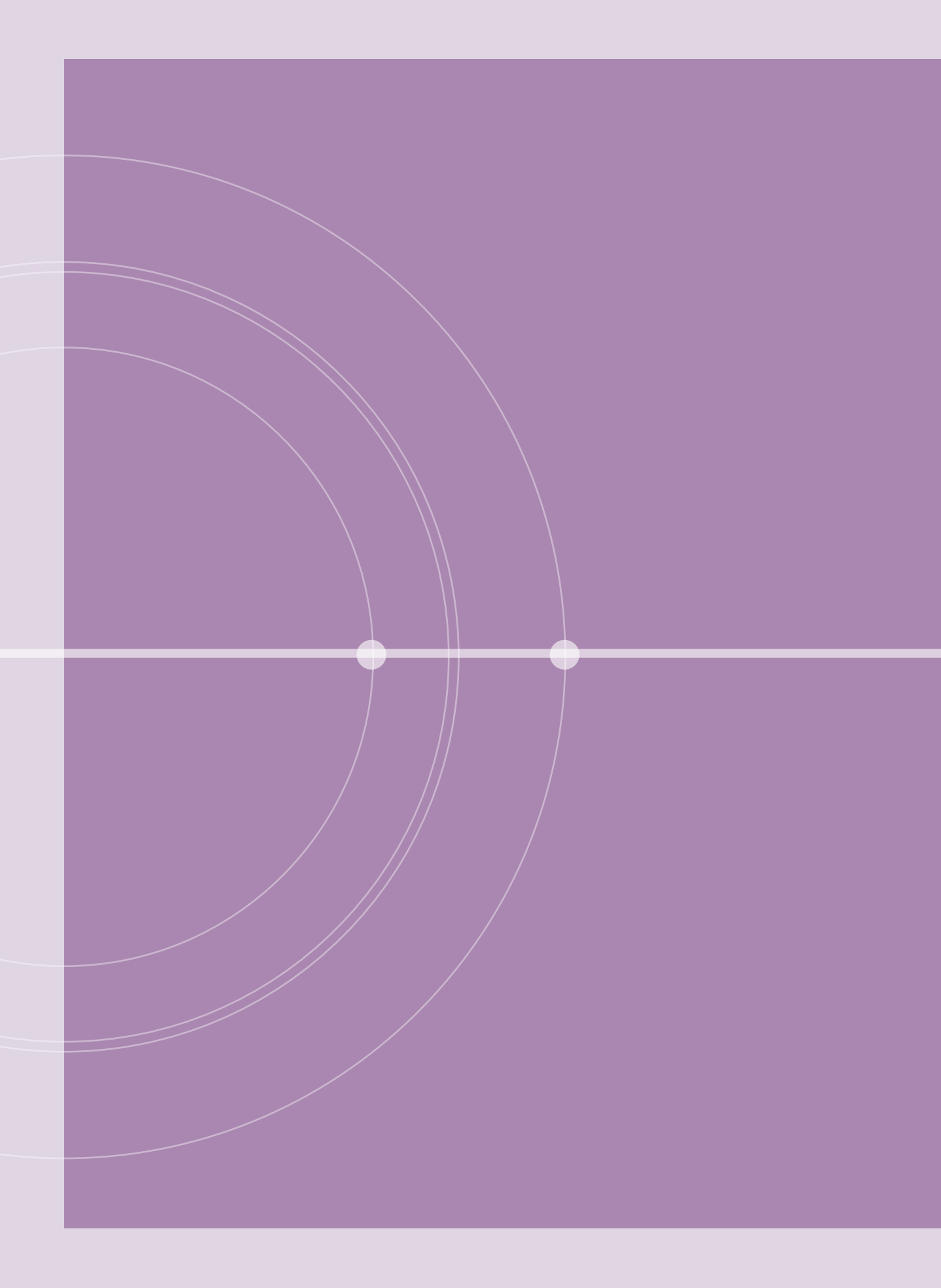


고용노동부

산업재해예방

안전보건공단







직업건강 가이드라인

사무실에서의 실내 공기질 관리



「직업건강 가이드라인」 이란?

Guideline

- KOSHA GUIDE*와는 달리 직업 활동을 통해 근로자들에게 발생할 수 있는 고유의 근무특성 및 작업방식까지 포함한 다양한 유해·위험요인을 파악하여, 이를 예방하고 관리하기 위한 사항에 대해 현장사진(삽화 등)을 수록하여 쉽고 상세하게 설명한 안내서입니다.

KOSHA
GUIDE*

- 법령에서 정한 사항보다 높은 수준의 안전보건 향상을 위해 참고할만한 광범위한 기술적인 사항을 제시한 것으로 사업장의 **자율적 안전보건수준 향상을 지원**하기 위한 지침

직업건강 가이드라인

사무실에서의 실내 공기질 관리

Occupational Safety & Health Guideline





Prologue

들어가며

안전보건공단에서는 근로자의 직종별 또는 주제별로 직업활동을 통해 나타날 수 있는 고유의 근무특성 및 작업방식을 포함한 다양한 건강 유해·위험 요인을 파악하여, 이를 예방하고 관리하기 위한 방안을 제시하고자 「직업건강 가이드라인(이하 ‘가이드라인’)」을 개발하게 되었습니다.

가이드라인은 노·사·정 및 학계전문가 회의를 통해 개발대상 직종을 선정한 후, 가톨릭대학교와 성균관대학교 및 을지대학교 산학협력단(직업환경의학·간호·위생·안전분야 전문가로 구성된 팀)에 의뢰하여 2012년도에 10개, 2013년도에 10개, 2014년도 10개, 2015년도에 10개 및 2016년도에 10개의 주제와 직종에 대한 가이드라인을 개발하게 되었습니다.

• 2012년 개발 직종

- ① 환경미화원 ② 병원청소원 ③ 요양보호사^[시설요양원] ④ 간호사 ⑤ 택시운전원
- ⑥ 건물청소원 ⑦ 물류종사원^[창고업종] ⑧ 매장판매 종사자 ⑨ 사무종사자^[IT]
- ⑩ 보건관리자^[실무지침 개정]

• 2013년 개발 직종 및 주제

- ① 콜센터 종사원 ② 이미지 종사원 ③ 도장공 ④ 용접원 ⑤ 차량정비원
- ⑥ 항만하역 종사원 ⑦ 오페수시설 종사원 ⑧ 야간 및 교대작업 ⑨ 근로자 우울증
- ⑩ 외상 후 스트레스장애

• 2014년 개발 직종 및 주제

- ① 항공기 객실승무원 ② 음식서비스업 종사자 ③ 철도 기관사 ④ 네일샵 종사원
- ⑤ 유지보수작업 종사원 ⑥ 유류사고 방제 작업자 ⑦ 감정노동 종사자^[총괄]
- ⑧ 소음성난청 예방관리 ⑨ 건설업 보건관리자 역할 ⑩ 하절기 폭염대비

• 2015년 개발 직종 및 주제

- ① 아파트경비원 ② 톨게이트 요금수납원 ③ 출납창구사무원 ④ 패스트푸드원
- ⑤ 실험실원구원 ⑥ 버스운전원 ⑦ 전자제품수리종사자 ⑧ 방송출연 보조자
- ⑨ 고기압(잠수)작업자 ⑩ 발열성 질환 예방

• 2016년 개발 직종 및 주제

- ① 호텔종사자 ② 보육교사 ③ 수은 취급 근로자 ④ 메탄올 취급 근로자 ⑤ 건설업 방수작업자 ⑥ 배달업무 종사자 ⑦ 근로자 자살예방 관리 ⑧ 제조업 파견근로자 ⑨ 사무실 실내 공기질 관리 ⑩ 생식독성물질 취급 근로자

직장인들은 사무실 실내에서 대부분의 시간을 보내고 있으며 사무실을 구성하는 다양한 요인에 둘러싸여 일하고 있습니다. 사무실 구성요소는 온·습도, 조명, 소음진동 등의 물리적 인자, 작업 공간, 작업 배치, 작업 자세 등을 포함한 인간공학적 인자, 업무 스트레스, 동료와의 관계 갈등 등 사회·심리학적 인자 뿐 아니라 실내공기를 구성하는 화학적 인자가 있으며 이들이 적절하게 관리될 때 쾌적한 사무실 환경이 조성될 수 있습니다.

이 가이드라인은 ‘사무실에서의 실내공기질 관리’를 위해 사무실에서 발생할 수 있는 실내공기 오염물질과 그 건강영향, 공기정화설비 등(HVAC system)의 점검, 평가, 관리 그리고 실내공기질 악화가 의심되는 증상을 근로자가 호소하는 경우 관리자(또는 사업주)의 대응 절차 등을 기술함으로써 쾌적한 사무실 실내공기질 유지를 위한 사업주의 관리 방안을 다루고 있습니다. 산업안전보건법을 비롯한 관련법령 및 KOSHA GUIDE 등 관련 지침도 소개하고 있습니다.

또한 ‘사무실에서의 실내공기질 관리’ 가이드라인에서는 현장의 소리를 직접 확인하기 위하여 사무실 관리자(또는 사업주)를 대상으로 한 포커스 그룹 인터뷰(FGI)를 시행하고 사무직 근로자를 대상으로 한 설문조사도 병행하여 그 결과를 반영하였습니다.

이 가이드라인에 기술된 내용은 법령에서 정한 기준이 아닌 사무실에서의 실내공기질을 개선하기 위해 권고할 수 있는 안내서입니다.

끝으로 가이드라인 개발에 많은 도움을 주신 현장의 근로자, 관리자 및 관련 단체 여러분들께 진심으로 감사의 말씀을 드리며, 이 가이드라인이 건강하고 쾌적한 사무실 실내공기질을 유지하는데 널리 활용되길 바랍니다.

목 차

contents

01 Chapter

배경

1. 사회적 관심 증가	12
2. 산업재해와의 관련성	13
3. 다양한 실내공기 오염물질 노출	13

02 Chapter

일반 현황

1. 사무직 종사자 및 사무실의 정의	16
2. 사무직 종사자의 근무현황 및 특성	16
3. 관련 법령	17
4. 안전보건실태	22

03 Chapter

산업재해 발생 현황 및 특성

1. 사무직 종사자의 산업재해 현황	24
2. 사무직 종사자의 산업재해 특성	25

04 Chapter

사무실 실내 공기 및 건강 영향

1. 화학적 요인	32
2. 생물학적 요인	46
3. 물리적 요인	48
4. 공기정화설비 시스템	51

05 Chapter

사무실 실내 공기질 평가

1. 사무실 실내공기질 평가	56
-----------------	----

06 Chapter

사무실 실내 공기질 관리 방안

1. 사무실 관리책임자	67
2. 근로자(사무실 상주자)	73

07 Chapter

부록

1. 고용노동부 고시	76
2. 관련 KOSHA GUIDES	76
3. 「사무실 실내공기질」평가 세부항목 및 기준	77
4. NIOSH HVAC 체크리스트·단축형(번역)	78
5. 유관단체 명단	82

*연구팀

연구책임자 - 을지대 김숙영 교수

공동 연구원 - 가톨릭대 정혜선 교수, 김형아 교수, 경인여대 이윤정 교수, 성균관대 김수근 교수, 박소영 교수, 한복순 교수, 을지대 갈원모 교수, 조선대 송한수 교수, 대전유성 선병원 김용규

표 차례

1. 실내공기 오염물질의 종류와 발생원	30
2. 오염물질 관리기준	32
3. 분진 농도에 따른 주관적 인지	34
4. 일산화탄소의 인체 영향	35
5. 카복시헤모글로빈(COHb)의 영향	35
6. 이산화탄소의 인체 영향	36
7. 공기오염지표로서의 이산화탄소 농도	37
8. 공기 중 포름알데히드에 대한 인체 자극 영향	38
9. 질소산화물의 인체 영향	40
10. 냄새 강도지수	44
11. 공기정화설비 시스템의 구성요소와 기능	54
12. 오염물질 측정횟수(측정시기) 및 시료채취시간	61
13. 오염물질 시료채취방법 및 분석방법	62
14. 쾌적한 온도 및 습도 범위	70
15. 실내공기질 관리를 위한 점검표(예)	72
16. 사무실 간접흡연 예방 설문	73

그림 차례

1. 사무실 실내공기 오염의 주요 발생원	31
2. 공기조화 4요소 및 기계설비	52
3. 공기정화설비등의 개요도	53
4. 사무실 실내 화학물질발생 모식도	57
5. 사무실 실내공기질 평가 흐름도	58
6. 사무실 실내공기질 유지 이해당사자	64
7. 사무실 실내공기질 평가를 위한 계획	65
8. 덕트 청소용 로봇	69

01

chapter

배경

- 사회적 관심 증가
- 산업재해와의 관련성
- 다양한 실내공기 오염물질 노출





1. 사회적 관심 증가



- 사무실 환경은 매우 복잡적이며 사무직 종사자의 근골격계 질환, 대사증후군, 직무스트레스 등 직무와 관련한 건강영향에 관해서는 많은 연구가 진행되었고 건강장해 예방을 위한 안전보건기술지침 등이 개발된 바 있다.
- 사무실의 온·습도, 소음·진동, 조명 등 물리적 인자, 공기 중 세균, 진균, 곰팡이, 포자 등 바이오에어로졸과 같은 생물학적 인자노출에 의한 건강영향 뿐 아니라 사무기기, 건축자재, 개인활동 등에 의한 화학물질 노출로 인한 건물증후군(SBS, sick building syndromes), 화학물질과민증(MCS, multiple chemical sensitivity)과 같이 사무실을 벗어나면 나아지는 증상에 대한 근로자의 관심이 증가하고 있다.
- 오염물질 노출로 인한 근로자의 건강장해 예방 뿐 아니라 쾌적한 사무실 실내공기질 유지·관리를 위해 근로자와 사업주(또는 사업주를 대신한 사무실 관리책임자·담당자)가 할 수 있는 일에 대한 정보를 제공할 필요가 있다.



2. 산업재해와의 관련성

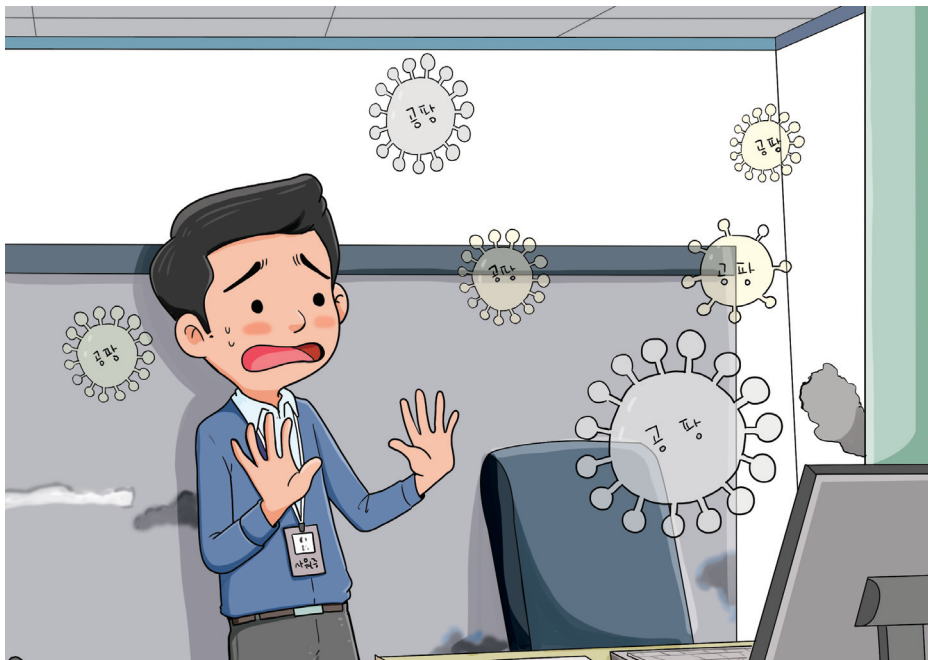
- 산업재해 발생현황은 업종별, 사업장 규모별, 재해유형별 등 다양하게 발표되고 있으나 사무실 실내공기질 오염 또는 악화로 인한 재해인지를 구분할 수는 없다.
- 다만, 2014년 업무상 질병 발생원인 조사·분석결과에 의하면 업무상질병 유해인자 노출 질환자 중 화학적 인자가 61.9%(439명)를 차지하였으며 화학적 인자의 세부현황은 대부분 분진(95.2%)에 의한 것으로 관리기준이 정해져 있는 사무실 오염물질인 ‘미세먼지 (PM10)’에 의한 것인지 확인할 수는 없다. 또한 다른 화학적 인자인 중금속, 특정화학물질, 유기용제 등도 마찬가지로 관리기준이 정해져 있는 오염물질이 원인이었는지는 알 수 없다. 직업종류별로는 ‘사무 종사자’가 6명(0.8%)으로 역시 재해원인이 사무실 실내 공기질 악화 때문이었는지는 확인할 수 없다.

3. 다양한 실내공기 오염물질 노출

- 사무실내의 코킹제, 접착제, 페인트, 벽지, 세척제, 비닐 바닥, 카펫 및 가구 등과 공기 청정제, 기타 방향제, 향수, 샴푸 등 개인활동 또는 개인용품으로부터 방출되는 휘발성 유기화합물(VOCs)은 냄새의 원인이 되기도 하는 대표적 화학적 인자이며 사무기기나 장비로부터 오존과 분진이 발생되기도 한다. 공기정화설비, 기타 시설물 관리, 청소활동 등으로부터 암모니아, 염소, 분진잔류물 등이 발생할 수 있다.



- 하역장의 자동차 배기가스, 분진이나 건물 밖에서 사용하는 살충제, 건설 활동·공사로 인한 VOCs, 대형 쓰레기 수집용기로부터 발생하는 악취, 건물 외기 흡입구 근처 위생처리되지 않은 쓰레기 또는 그 찌꺼기로 인한 냄새, 토양으로부터 방출되는 라돈 등이 실내로 유입되어 실내공기를 오염시킬 수 있다. 실내 벽에 습기가 생긴 경우, 바이오에어로졸이나 미생물 대사에 의한 VOCs(특히 곰팡이, 세균의 대사산물) 등도 실내공기를 오염시킬 수 있는 원인물질이다.

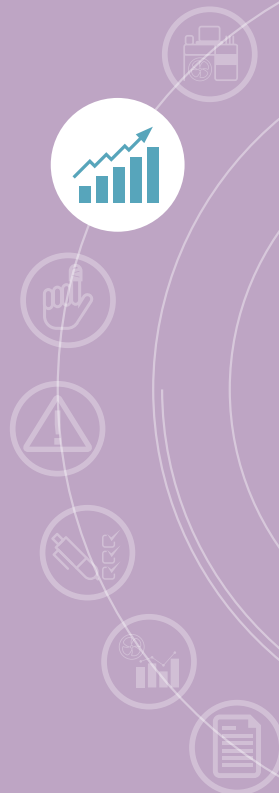


02

chapter

일반 현황

- 사무직 종사자 및 사무실의 정의
- 사무직 종사자의 근무현황 및 특성
- 관련 법령
- 안전보건실태





1. 사무직 종사자 및 사무실의 정의

- 사무직에 종사하는 근로자란 사무실에서 서무·인사·경리·판매·설계 등 사무업무에 종사하는 근로자를 말한다(산업안전보건법 시행규칙 제99조제1항).
- 사무실이란 근로자가 사무를 처리하는 실내 공간(휴게실·강당·회의실 등의 공간을 포함한다)을 말한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제646조).
- 사무실오염물질이란 산업안전보건법 제24조제1항제1호에 따른 가스·증기·분진 등과 곰팡이·세균·바이러스 등 사무실의 공기 중에 떠다니면서 근무자에게 건강장해를 유발할 수 있는 물질을 말한다. “공기정화설비등”이란 사무실오염물질을 바깥으로 내보내거나 바깥의 신선한 공기를 실내로 끌어들이는 급·배기장치, 오염물질을 제거하거나 줄이는 여과제나 온도·습도기류 등을 조절하여 공급할 수 있는 냉·난방장치, 그 밖에 이에 상응하는 장치 등을 말한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제646조).

2. 사무직 종사자의 근무현황 및 특성

- 사무직 종사자는 주로 전화 또는 대민업무(응대), 서류복사 및 정리분석, 파일·물품목록, 연락처 및 DB 시스템 유지 및 업데이트, 우편접수 및 분류·소포전달, 컴퓨터를 사용한 보고서 작성, 서식·영수증·지출 및 기타 관련 서류처리 업무를 주로 수행하며 한국표준 직업분류상 경영·회계 관련 사무직, 금융·보험 사무직, 법률·감사 사무직, 상담·안내·통계 및 기타 사무직 종사자를 포괄하는 개념으로 전체 취업자 중 사무종사자가 차지하는 비율은 약 16.6%(430만4천명)으로 2013년 429만1천명 보다 약 1만3천명이 증가하였다(통계청, 2014년 하반기 지역별고용조사 취업자의 산업 및 직업별 특성).

- 사무실 환경은 매우 복잡하고 건물 상주자(재실자, occupants)는 사무기기, 청소용품, 건설 활동·공사, 카펫 및 가구, 방향제, 흡연, 수해 입은 건축자재, 미생물(곰팡이, 진균, 또는 세균), 해충, 그리고 외부 오염물질 등 여러 가지 가스 또는 입자 형태의 오염물질에 노출될 수 있다. 개인의 반응은 실내온도, 상대습도, 환기 수준 등에 영향을 받을 수 있다. 사무실 근무자들은 사무실을 벗어나면 나아지는 증상을 경험하기도 하며 화학적 오염 물질 노출로 인한 이러한 증상이나 건강상태에 대해 관심을 가지게 된다.
- 쾌적하고 건강한 사무실 환경을 유지하기 위해서는 화학적 유해성, 기기·장비 및 작업공간 디자인, 물리적 환경(온도, 습도, 조명, 소음, 환기 및 공간배치), 업무 설계, 심리적 요인(개인간 상호작용, 작업속도, 직무조절) 등에 대한 관심이 필요하다.



3. 관련 법령

- 사무실 실내공기질 관리와 관련한 법령은 산업안전보건법 및 동법 시행규칙, 산업안전보건기준에 관한 규칙 등이 있다. 산업안전보건법에서 사업주의 일반적인 의무로서 근로자의 안전과 건강 유지·증진을 위한 사항을 이행하여야 하고 안전보건교육을 실시해야 한다. 또한 근로자도 사업주 또는 고용부·공단에서 실시하는 산업재해 방지에 관한 조치를 따라야 한다.



산업안전보건법

■ 사업주의 일반적인 의무



조 항	주요내용
사업주 등의 의무 (제5조제1항)	• 사업주는 다음 각 호의 사항을 이행함으로써 근로자의 안전과 건강을 유지·증진시키는 한편, 국가의 산업재해 예방정책에 따라야 함 1. 이 법과 이 법에 따른 명령으로 정하는 산업재해 예방을 위한 기준을 지킬 것 2. 근로자의 신체적 피로와 정신적 스트레스 등을 줄일 수 있는 쾌적한 작업환경을 조성하고 근로조건을 개선할 것 3. 해당 사업장의 안전·보건에 관한 정보를 근로자에게 제공할 것
산업재해 발생기록 및 보고 등 (제10조 제1항 및 제2항)	• 사업주는 산업재해가 발생하였을 때 재해발생원인 등을 기록·보존하여야 하며, 사망자 또는 3일 이상의 휴업이 필요한 사고 또는 질병이 발생한 경우에는 고용노동부장관에게 보고하여야 함
법령 요지의 게시 등 (제11조제1항)	• 사업주는 산업안전보건법의 요지를 상시 각 사업장에 게시 또는 비치하여 근로자로 하여금 알게 하여야 함

■ 안전보건교육



조 항	주요내용
안전·보건교육 (제31조 제1항~제2항)	• 사업주는 근로자에 대하여 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 정기적으로, 채용 시, 작업내용 변경 시 안전·보건에 관한 교육을 하여야 함
관리책임자 등에 대한 교육 (제32조제1항)	• 관리책임자, 안전관리자, 보건관리자, 안전보건관리담당자는 고용노동부장관이 실시하는 안전·보건에 관한 직무교육을 이수하도록 해야 함

※ 안전·보건에 관한 교육 과정, 대상 및 시간



• 산업안전보건법 시행규칙 별표 8

교육 과정	교육 대상		교육 시간
가. 정기교육	사무직 종사근로자		매분기 3시간 이상
	사무직 종사 외의 근로자	판매업무에 직접 종사하는 근로자	매분기 3시간 이상
		판매업무에 직접 종사하는 근로자 외의 근로자	매분기 6시간 이상
	관리감독자의 지위에 있는 자		연간 16시간 이상
나. 채용 시 교육	일용근로자		1시간 이상
	일용근로자를 제외한 근로자		8시간 이상
다. 작업내용 변경 시 교육	일용근로자		1시간 이상
	일용근로자를 제외한 근로자		2시간 이상
라. 특별교육	고용노동부령으로 정하는 유해, 위험 작업에 종사하는 일용근로자		2시간 이상
	고용노동부령으로 정하는 유해, 위험 작업에 종사하는 일용근로자를 제외한 근로자		16시간 이상 (단기간, 간헐적작업은 2시간 이상)

※ 안전보건 교육내용



• 산업안전보건법 시행규칙 별표 8의 2



교육 과정		교육 내용
정기안전 보건교육	근로자	• 산업안전 및 사고 예방에 관한 사항 • 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 • 건강증진 및 질병 예방에 관한 사항 • 유해·위험 작업환경 관리에 관한 사항 • 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항
	관리 감독자	• 작업공정의 유해·위험과 재해 예방대책에 관한 사항 • 표준안전작업방법 및 지도 요령에 관한 사항 • 관리감독자의 역할과 임무에 관한 사항 • 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 • 유해·위험 작업환경 관리에 관한 사항 • 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항
채용 시 및 작업내용 변경시 교육		• 기계·기구의 위험성과 작업의 순서 및 동선에 관한 사항 • 작업 개시 전 점검에 관한 사항 • 정리정돈 및 청소에 관한 사항 • 사고 발생 시 긴급조치에 관한 사항 • 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 • 물질안전보건자료에 관한 사항 • 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항

■ 근로자의 의무



항 목	세부내용
근로자의 의무 (제6조)	근로자는 이 법과 이 법에 따른 명령으로 정하는 기준 등 산업재해 예방에 필요한 사항을 지켜야 하며, 사업주 또는 근로감독관, 공단 등 관계자가 실시하는 산업재해 방지에 관한 조치에 따라야 함
근로자의 준수사항 (제25조)	근로자는 제23조(안전조치), 제24조(보건조치) 및 제38조의3(석면 해체·제거 작업기준의 준수)에 따라 사업주가 한 조치로서 고용 노동부령으로 정하는 조치사항을 지켜야 함
건강진단 (제43조 제3항)	근로자는 사업주가 실시하는 건강진단을 받아야 함
역학조사 (제43조의2제2항)	역학조사를 실시하는 경우 사업주 및 근로자는 적극 협조하여야 하며 정당한 사유 없이 이를 거부·방해하거나 기피하여서는 아니 됨
안전보건개선계획 (제50조제4항)	사업주와 근로자는 안전보건개선계획을 준수하여야 함

■ 지침작성의 근거



항 목	주요내용
기술상의 지침 및 작업환경 표준 (제27조)	고용노동부장관은 기술상의 지침 또는 작업환경의 표준을 정하여 사업주에게 지도·권고할 수 있음

산업안전보건법 시행규칙



조 항	주요내용
건강진단의 실시 시기 등 (제99조)	사업주는 2년에 1회 이상 일반건강진단을 실시하여야 함



산업안전보건기준에 관한 규칙



항 목	주요내용
정의 (제646조)	사무실, 사무실오염물질, 공기정화설비등 정의
공기정화설비등의 가동 (제647조)	사무실 오염을 방지할 수 있도록 적절히 가동
공기정화설비 등의 유지관리 (제648조)	공기정화설비등을 수시로 점검하여 필요한 경우 청소 또는 개·보수 등 조치
사무실공기 평가 (제649조)	사무실 공기를 측정·평가하고 결과에 따라 필요한 조치
실외 오염물질의 유입 방지 (제650조)	통풍구·창문·출입문 등의 공기유입구 재배치 등 조치
미생물오염 관리 (제651조)	미생물로 인한 사무실공기 오염 방지 조치
건물 개·보수 시 공기오염 관리 (제652조)	사무실 공기질 악화 우려가 있을 경우 적절한 조치
사무실의 청결 관리 (제653조)	사무실을 청결하게 유지·관리, 분진 발생 억제 방법으로 청소
보호구의 지급 등 (제654조)	공기정화설비등의 청소, 개·보수작업 시 적절한 보호구 지급, 착용
유해성의 주지 (제655조)	공기정화설비등의 청소, 개·보수작업 시 발생하는 사무실오염물질 종류, 유해성 등 주지

4. 안전보건실태

- 2015년 산업안전보건동향조사(안전보건공단)에 따르면 근로자 정기안전보건 교육(사무직)은 전체대상의 84.3%가 실시하였으며 연간 평균 실시시간은 18.66(표준편차 16.50)시간이었고 교육이 필요하다고 응답한 비율도 84.6%이었다. 이는 제조업, 건설업, 기타 산업(전국 50인 이상) 사업장 안전보건관리자를 대상으로 실시한 것으로 설문내용 중 근로자 수의 직종구분은 관리직·전문직·사무직, 서비스직·판매직, 및 농림어업 숙련직·생산직·단순노무직으로 구분되어 있다. 따라서 ‘사무직’에 대한 결과는 ‘관리직과 전문직’이 포함된 것으로 보아야 한다.

03

chapter

산업재해 발생현황 및 특성

- 사무직 종사자의 산업재해 현황
- 사무직 종사자의 산업재해 특성





1. 사무직 종사자의 산업재해 현황

- 2014년 업무상 질병 발생원인 조사·분석결과에 의하면 709명의 업무상질병 유해인자 노출질환자 중 화학적 인자가 61.9%(439명), 물리적 인자가 25.5%(181명), 생물학적 인자가 10.7%(76명)를 차지하였다(분류불능 13명, 1.8%). 화학적 인자의 세부현황은 대부분 분진(95.2%)에 의한 것으로 관리기준이 정해져 있는 사무실 오염물질인 미세먼지(PM10)에 의한 것인지 확인할 수는 없다. 또한 다른 화학적 인자인 중금속, 특정화학물질, 유기용제 등도 마찬가지로 관리기준이 정해져 있는 사무실 오염물질(일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드, 총휘발성유기화합물, 이산화질소, 오존, 또는 석면)에 의한 것인지 확인할 수 없다.
- 산업재해원인조사(업무상 질병)의 직업종류별 통계에 따르면 ‘사무종사자’의 유해인자 노출질환 질병자는 6명(발생비율 0.8%)으로 2008년 0.2%, 2010년 0.5% 보다는 증가하였으나 2012년 0.9% 보다는 감소하였다. 유해물질별로 보면 소음(물리적 인자) 1명, 석탄분진 외 광물성 분진(화학적 인자) 1명, 및 세균, 바이러스(생물학적 인자) 4명으로, 보고된 사무종사자의 사무실 실내공기질 악화가 원인이었는지는 역시 확인할 수 없다.



2. 사무직 종사자의 산업재해 특성

- 일부 예외가 있기는 하지만 사무실 작업환경에서 관찰되는 화학물질의 농도는 대개 작업장 노출허용기준 또는 노출권고기준(Occupational Exposure Limits, OELs)을 밑도는 정도로 매우 낮다¹⁾. 또한 사무실에 존재하는 화학물질에 의한 냄새 또는 악취는 ‘화학물질 노출기준’에 의한 노출초과(즉 과다노출)를 의미하는 것은 아니다.
- 사무직 종사자의 산업재해 사례는 주로 전도, 충돌, 절단·베임·찢림, 낙하·비레, 추락, 무리한 동작, 감김·끼임 등으로 사무실의 실내공기질 악화로 인한 산업재해는 구분되지 않을 뿐 아니라 사례도 파악하기 어려우며 실제 사례도 없을 것으로 추정된다.
- 사무실 공기오염과 관련되어 나타나는 건강이상 증상의 원인은 단일요인이라기 보다는 복합요인에 의한 경우가 많고 더욱이 그 원인을 밝히기 어려운 경우가 대부분이다. 사무실 실내공기 오염물질이 근로자들의 건강이상에 직접적인 원인으로 작용하지 않더라도 의료비용 지출, 건물 조사비용과 집중력 저하 등으로 인한 수입손실·생산성 저하를 가져온다는 보고가 있다.

1) 사무실 오염물질 관리기준의 단위는 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며 작업장 화학물질 노출기준은 일반적으로 mg/m^3 임.

04

chapter

사무실 실내공기 및 건강영향

- 화학적 요인
- 생물학적 요인
- 물리적 요인
- 공기정화설비 시스템





오염물질 농도수준은 직접적으로 상주자에게 영향을 미치는 요인이며 이 밖에도 환경적 요인 및 개인 요인이 사무실 실내공기질에 영향을 미친다. 온도, 습도, 기류, 태양광으로부터의 복사열 또는 눈부심(휘도), 조도 등이 개인의 공기질 인지감각에 영향을 미치며 사무실에 밀집되어 있는 가구류, 소음·진동 수준, 근무 장소에 대한 신체적 감각(예를 들면 자연광이 들어오는 곳인지, 지하인지) 등도 영향을 미치는 요인이다.

사무실 실내공기와 관련하여 근로자가 호소하는 건강문제는 빌딩증후군(SBS, sick building syndromes), 건물-관련 질환(BRI, building-related illness), 화학물질과민증(MCS, multiple chemical sensitivity) 등이 있다.

SBS는 두통, 메스꺼움, 피부염, 눈·코·목·호흡기계 자극, 기침, 집중력 장애, 냄새에 대한 과민, 근육통, 피로 등의 증상을 호소하며 이러한 증상의 특이적 원인은 알려져 있지 않다. 특정 오염물질이나 낮은 농도의 오염물질에 대한 개인의 민감성에 영향을 받고 증상은 재실기간과 관련이 있으나 사무실을 떠나면 사라진다.

SBS의 특징적인 8가지 증상(WHO, 1983)

- | | |
|----------------|-----------------|
| ① 눈, 코, 목의 자극, | ⑤ 호흡기 감염 및 기침, |
| ② 건조성 점막 및 피부, | ⑥ 쉼 목소리 및 쉼쉼거림, |
| ③ 흥진 또는 흥반, | ⑦ 과민성 반응, |
| ④ 정신적 피로 및 두통, | ⑧ 메스꺼움, 어지러움이다. |

SBS는 공통적으로

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| ① 증상은 대부분 비특이적이다, | 있다고 인식한다, |
| ② 강제 환기가 일반적이다, | ⑤ 거주밀도가 높은 장소에서 더 많이 호 |
| ③ 건물은 에너지 효율이 높다, | 소한다, |
| ④ 호소하는 사람들은 환경이 관리되지 않고 | ⑥ 증상은 아침보다 오후에 잘 나타난다. |

NIOSH(1,100건의 IAQ episodes)는 SBS의 원인으로 환기부족(외부공기부족, 불량한 공기 분배, 부적절한 온·습도, 환기시스템 내 오염원 등) 50%, 실내공기 오염물질(포름

알데히드, 유기용제 증기, 분진, 미생물 30%(이중 미생물 오염 5%)), 외부 발생원(자동차 배기가스, 포자, 곰팡이, 연기, 공사장 먼지 등) 10%, 원인불명 10%로 조사한 바 있다. Burton(1991)은 불량한 실내공기의 원인으로 HVAC 시스템 42%, 가구 20%, 간접흡연 25%, 및 상주자 요인 13%로 조사한 바 있다.

BRI는 자주는 아니지만 종종 더 심각하게 특정 시간에 특정 건물에 체류 후 발생하며 사람들은 비슷한 임상증상을 경험하게 되고 조사를 통해 명백한 원인이 확인된다. 신체 증상과 실험실 검사결과가 기록될 수 있는 알려진 병인에 의해 임상적으로 정의된 질환으로 레지오넬라증과 같은 감염증과 과민질환 같은 알레르기성 반응을 포함한다.

BRI의 특징적인 지표(EPA)

- ① 상주자들은 기침, 가슴압박감, 열, 오한 및 근육통과 같은 증상을 호소한다,
- ② 이들 증상은 임상적으로 정의 될 수 있고 확인 가능한 원인이 있다,
- ③ 증상회복을 위해 건물을 떠난 후 긴 회복시간을 필요로 한다.

대표적인 BRI(OSHA)는 알려진 요인에 의해 야기된 감각기관 자극(sensory irritation), 호흡기 알레르기 반응(천식), 병원감염(nosocomial infection), 가습기열병(humidifier fever), 과민성 폐렴(hypersensitivity pneumonitis), 레지오넬라병(Legionnaires' disease), 일산화탄소, 포름알데히드, 농약, 내독소(endotoxin), 마이코톡신(mycotoxin) 등의 화학물질 또는 생물인자의 노출에 의해 나타나는 특징적인 증상·증후, 바이러스, 곰팡이, 세균, 원생동물을 함유한 바이오에어로졸 노출에 기인하는 증상이 있다.

MCS(또는 IEI, idiopathic environmental intolerance)는 매우 낮은 농도의 화학물질에 노출되었다가 다시 노출될 때 자율신경계, 정신신경계의 자각증상 등이 나타나며 환경에서 유래된 화학물질 노출이 인정된다. 근무자 중 일부가 실내에 존재하는 매우 낮은 농도의 다양한 화학물질에 반응하는 것으로 다수의 의료기관에서는 MCS를 인지하지 못하지만 의학적 소견이 엇갈려 추후 연구가 필요한 분야이다.



다른 직업성 질환과 마찬가지로 모든 근로자가 같은 증상이나 같은 정도로 영향을 받는 것은 아니며 어떤 사람은 다른 사람 보다 더 민감할 수 있다. 같은 공간에서 더 많은 오염 물질에 노출되어 더 빨리 증상을 경험할 수도 있다. 노출 기간이 길어질수록 공기질은 더 악화되며 더 많은 사람들이 영향을 받을 수 있고 증상도 더 심각해지는 경향이 있다. 복사기, 레이저 프린터, 3D 프린터 등으로부터 방출되는 일부 화학물질은 천식을 일으키는 것으로 알려져 있다.

건축설비나 내장 마무리재, 단열재에서 발생하는 휘발성유기화합물, 포름알데히드, 상주자의 활동 등으로부터 방출되는 이산화탄소, 미세먼지, 담배연기에 의한 미세먼지 및 화학물질, 연소기구·난방장치 등에 의한 연소가스, 프린터, 복사기, 공기청정기 등에서 발생하는 오존, 카펫이나 커튼에서 발생하는 진드기, 곰팡이 등 미생물성 물질 및 외부공기 오염으로 인한 대기오염물질(이산화황, 이산화질소, 일산화질소 등)의 유입이 대표적이다.

오염물질의 종류와 발생원은 <표 1> 및 <그림 1>과 같이 매우 다양하며 실내공기질에 영향을 미치는 요인은 화학적 요인, 생물학적 요인, 및 물리적 요인으로 구분할 수 있다. 그리고 공기정화설비 시스템 등은 그 자체로도 오염원이 될 수 있다.

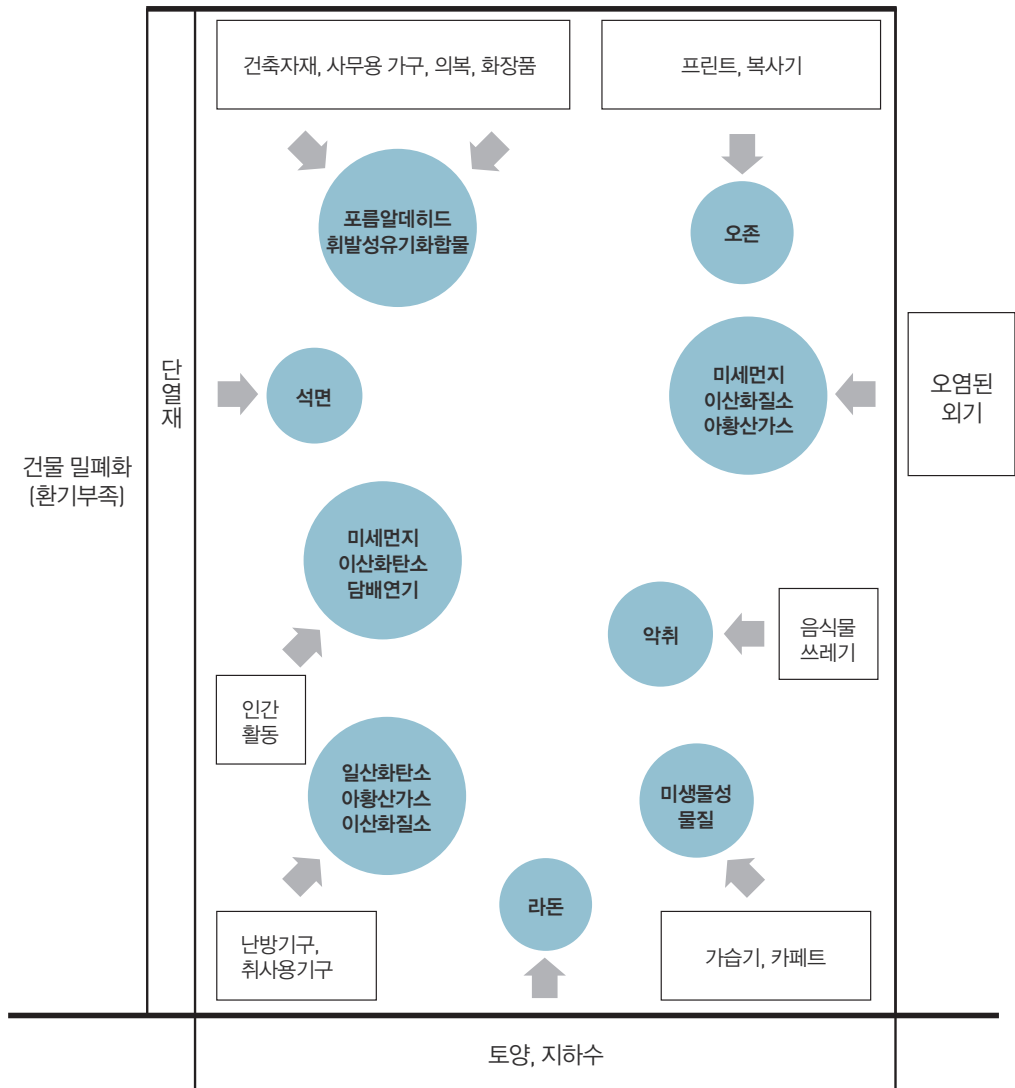
표 1. 실내공기 오염물질의 종류와 발생원

구 분	발생원	오염물질
건축설비	• 냉각탑, 가슴기 • 가스·석유식 개방형 연소기구 • 석탄식 개방형 연소기구 • 공기청정기, 복사기	• 진균, 세균 • 일산화탄소, 이산화탄소, 질소산화물, 이산화황, 알데히드류 • 상동+분진 • 오존
내장 마무리재	• 입자보드, 천장타일 • 도료 • 카펫, 커튼	• 포름알데히드 • 비메탄계 탄화수소 • 포름알데히드, 진균·세균, 곰팡이·진드기, 분진
상주자의 활동	• 대사 • 청소(청소기 사용) • 청소(세제 사용), 살충제 • 흡연 • 취미, 공작	• 감염원, 알레르겐, 암모니아 유기가스 • 분진, 진균·세균 • 유기화합물 • 분진, 일산화탄소, 질소산화물, 포름알데히드, 시안화수소, 방사성 원소, 유기화합물, 기타 • 유기화합물, 분진, 석면

사무실 실내공기 오염의 주요 발생원 [그림1]

□ 발생원 ● 오염물질

*자료 : 관계부처합동, 실내공기질 관리 기본계획(안), 2004





1. 화학적 요인

사무실 공기를 쾌적하게 유지·관리하기 위하여 사업주에게 지도·권고할 기술상의 지침 또는 작업환경의 표준을 정할 목적으로 제정된 「사무실 공기 관리지침(고용노동부고시 제2015-43호)」에서 정하고 있는 오염물질과 그 관리기준은 <표 2>와 같다.

표 2. 오염물질 관리기준*

오염물질	관리기준
미세먼지(PM10)	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
일산화탄소(CO)	10 ppm 이하
이산화탄소(CO ₂)	1,000 ppm 이하
포름알데히드(HCHO)	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (또는 0.1 ppm) 이하
총휘발성유기화합물(TVOC)	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하
총부유세균	800 CFU/ m^3 이하
이산화질소(NO ₂)	0.05 ppm 이하
오존(O ₃)	0.06 ppm 이하
석면	0.01 개/cc 이하

*고용노동부고시 제2015-43호

주1) 관리기준: 8시간 시간가중평균농도 기준

주2) PM10: Particle Matters. 입경이 10 μm 이하인 먼지

주3) CFU/ m^3 : Colony Forming Unit. 1 m^3 중에 존재하고 있는 집락형성 세균 개체 수

사무실의 작업환경 관리기준으로 기적, 환기, 온·습도, 기류, 조도, 소음 및 진동방지, 급수, 배수, 사무실의 청결, 휴게시설, 공기정화설비 등의 점검, 사무실 오염물질(호흡성분진, 일산화탄소, 이산화탄소, 이산화질소, 포름알데히드) 관리기준 및 평가에 관해서는 ‘사무실 작업환경 관리지침(KOSHA GUIDE H-64-2012)’에서 제시하고 있으며 이는 법령에서 정한 최소한의 수준이 아닌 좀 더 높은 수준의 안전보건 향상을 위해 참고할 광범위한 기술적

사항으로서 사업주의 자율적인 안전보건수준 향상을 지원하기 위해 제공된 안전보건기술 지침이다(그 밖에도 사무실 실내공기질과 관련 있는 안전보건기술지침은 <부록 2> 참조).

미세먼지(PM10)

수백 μm 이하의 먼지, 흙, 바이러스, 곰팡이, 포자, 세균과 같은 부유성 고체와 증기압이 낮은 미스트, 안개 같은 액체 입자로 기관지에 도달하는 크기의 입자는 PM10(particulate matter 미세먼지, 직경 $10\mu\text{m}$ 이하)이며 폐포에 침착하는 입자의 크기는 PM2.5(초미세먼지, 직경 $2.5\mu\text{m}$ 이하)이다. 주요 발생원은 자동차, 발전소, 나무 연소, 산업 공정, 디젤 차량 등과 담배연기, 스프레이 제품을 비롯해 HVAC 시스템 자체가 오염원이 될 수 있는 등 실내·외에서 발생원이 다양하다.

총부유분진(Total Suspended Particulate, TSP)은 통상적으로 $50\mu\text{m}$ 이하의 모든 부유 먼지를 말하며 인체에서의 건강영향은 적기 때문에 90년대 후반 환경기준은 TSP에서 PM10으로 변경되었다. 일반적으로 분진의 배경농도(background concentration)는 $0.025\sim 0.05\text{mg}/\text{m}^3$ 이며 $0.10\sim 0.14\text{mg}/\text{m}^3$ 에서는 시정이 감소하고 $0.20\text{mg}/\text{m}^3$ 이상에서는 많은 사람이 ‘먼지가 매우 많다’고 생각하는 농도이다<표 3>.

미세먼지는 목의 통증, 천식, 아토피, 두통, 기침, 호흡곤란, 흉부압박감 등 호흡기 증상을 초래한다. 폐와 혈액에 침투하여 DNA 돌연변이를 일으켜 폐암이 발생할 수 있다. 혈관을 손상시켜 심장병을 일으키며 사망률을 증가시킨다. 실내 흡연, 환기 상태, 거주자 건강상태에 따라 인체 영향이 다를 수 있다. 흡연실의 경우 미세먼지 농도는 $30\sim 100\mu\text{g}/\text{m}^3$, 비흡연 환경에서는 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도이다.

WHO는 미세먼지를 발암물질(Group 1 carcinogen)로 규정하고 있다. Pope 등(2002)은 미국인 120만 명을 추적 연구하여 PM10이 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할수록 전체 사망률이 4% 증가하였으며 심혈관질환 사망을 6%, 암으로 인한 사망은 8% 증가시켰다고 보고하였다.



유럽의 연구에서는 PM10이 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 마다 폐암사망률은 22% 증가한 반면 PM2.5가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 폐암사망률 증가는 36%이었다고 보고하였다(Raaschou-Nielsen, 2013). 우리나라에서는 PM2.5가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가할 때 사망률은 0.95% 증가하였고 심혈관계 질환과 호흡기계 질환으로 입원한 환자 수의 증가율이 각각 2.0% 및 1.1%이었다(공성용 등, 2013).

표 3. 분진 농도에 따른 주관적 인지

농도[mg/m^3]	영향
0.025 ~ 0.05	back ground 농도
0.075 ~ 0.1	많은 사람들이 만족하는 농도
0.1 ~ 0.14	시정 감소
0.15 ~ 0.2	많은 사람이 「먼지가 있다」고 생각하는 농도
0.2 이상	많은 사람이 「먼지가 매우 많다」고 생각하는 농도

일산화탄소(CO)

무색, 무미, 무취의 질식성 가스로 불완전 연소로 발생되는 독성가스이다. 주요 발생원은 담배연기, 화석 연료를 사용하는 엔진의 배기가스, 적절하게 환기되지 않는 화석연료 장치 등이다.

적혈구 헤모글로빈과의 친화력이 산소보다 200~250배 강하여 혈액산소보유 능력을 현저히 저하시키며 가장 많은 산소를 소모하는 대뇌피질이나 심장의 산소결핍을 초래한다. 졸음, 두통, 메스꺼움, 청색증, 심혈관계 영향 등을 일으키고 협심증 환자는 발작을 일으키기 쉽고 사망에 이를 수 있다. 건강한 사람은 운동능력이나 인지력이 저하된다.

개인의 감수성 차이, 건강상태 등에 따라 다르지만 30ppm에 8시간 이상 노출되면 시각 및

정신기능 장애, 500ppm에 2~4시간 노출은 심한 두통, 오심·무기력·시력장애·허탈감, 1000ppm에 2~3시간 노출은 맥박항진, 경련을 동반한 실신, 2000ppm에 1~2시간 노출은 사망에 이를 수 있다<표 4>.

포화농도에 대한 카복시헤모글로빈 농도(COHb, %)가 일산화탄소 노출지표로 사용된다 <표 5>. 비흡연자에서 생리학적 이상을 일으키지 않는 한계치는 0.4%이며 10% 이상이 되면 두통, 손동작 장애를 일으킬 수 있다. 급성중독은 뇌조직과 신경계에 피해를 입힌다. 시야감소, 불쾌감, 피로 촉진 등의 증상이 나타날 수 있으며 만성적으로는 폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종 등 만성호흡기질환, 성장장애를 일으킬 수 있다.

표 4. 일산화탄소의 인체 영향

농도[mg/m ³]	노출 시간	영향
5	20분	고차신경계의 반사작용의 변화
30	8시간 이상	시각·정신기능 장애
200	2 ~ 4시간	전두부 頭重, 경도의 두통
500	2 ~ 4시간	심한 두통, 오심·무기력·시력장애·허탈감
1,000	2 ~ 3시간	맥박항진, 경련을 동반한 실신
2,000	1 ~ 2시간	사망

표 5. 카복시헤모글로빈(COHb)의 영향

COHb[%]	영향
0.4	비흡연자에 대해 생리학적 이상을 일으키지 않는 한계치
2.5 ~ 3	협심증과 간헐파행(間欠跛行)을 동반한 환자의 운동능력 저하
4 ~ 5	교통경찰관의 두통과 피로감 등 증상의 증가
5 ~ 10	심근대사의 변화 및 장애 : 시각, 손끝으로 도구사용, 학습능력 등이 통계적으로 유의한 감퇴
10 이상	두통과 손동작 장애 : 시각에 근거한 반응에 변화 야기(뇌파계)



이산화탄소(CO₂)

대기의 구성성분(약 0.035%; 300 ~ 350ppm)이며 탄소나 그 화합물의 완전연소, 인간이나 동물의 대사작용, 발효 과정에서 생성되며 무색, 무미, 무취의 기체이다. 인간이나 동물의 이산화탄소 생산량은 음식물의 조성과 활동 정도에 따라 다르다. 가벼운 작업을 수행하는 사무직의 경우 분당 약 3L의 이산화탄소를 배출한다. 상주자 수가 많을수록, 근무시간이 경과할수록 실내 이산화탄소 농도는 점점 증가하며 일반적으로 사무실의 이산화탄소 농도는 600 ~ 800ppm 정도이다.

주요 발생원은 연소 가스, 케로센(등유) 장치, 적절하게 환기되지 않는 장치 또는 공정·작업 등이다.

독성은 없지만 호흡하는데 소용이 없을 뿐 아니라 혈액 속에 녹아 있는 이산화탄소 양이 증가하면 폐에서 사라지지 않게 되어 생명이 위험해질 수 있다. 건강 영향은 집중력 저하, 졸음, 호흡률 증가 등으로 0.1%는 호흡기, 순환기, 대뇌 등의 기능에 영향을 미치며 8~10%가 되면 의식혼탁, 경련 등을 일으키고 호흡이 멎는다. 20%는 중추장해를 일으켜 생명이 위험하게 된다<표 6>.

공기오염 지표로서의 이산화탄소 농도는 0.07%에서 다수가 계속 실내에 있는 경우의 한계치(연소 기구를 사용하지 않는 경우)이며 일반적인 경우의 한계치는 0.1%이다. 0.5% 이상이 되면 가장 나쁘다고 인정되는 농도이며 0.2~0.5%는 상당히 나쁘다고 인정된다 <표 7>. 실내공기중 이산화탄소 농도가 낮더라도 다른 발생원이 있을 수 있음에 유의해야 한다.

표 6. 이산화탄소의 인체 영향

농도[%]	영향
0.1	호흡기·순환기·대뇌 등의 기능에 영향 보임 (Eliseeva 설)
4	이명·두통·혈압상승 등의 징후 나타남 (Lehmann 설)
8 ~ 10	의식혼탁·경련 등을 일으키고 호흡이 멎음 (Lehmann 설)
20	중추장해를 일으켜 생명이 위험하게 됨 (Lehmann 설)

표 7. 공기오염지표로서의 이산화탄소 농도

농도[%]	영향
0.07	다수, 계속 실내에 있는 경우의 한계 (Pettenkopfer설, 연소기구를 사용하지 않는 경우)
0.10	일반적인 경우의 한계 (Pettenkopfer설, 연소기구를 사용하지 않는 경우)
0.15	환기계산에 사용되는 한도 (Rietchel설, 연소기구를 사용하지 않는 경우)
0.2 ~ 0.5	상당히 나쁘다고 인정 (연소기구를 병용하는 경우)
0.5 이상	가장 나쁘다고 인정 (연소기구를 병용하는 경우)

포름알데히드(HCHO)

물에 잘 녹으며 37% 이상의 포름알데히드 수용액이 포르말린으로 살균제·방부제로 이용된다. 0.2ppm을 초과하면 자극성 강한 냄새를 가지는 가연성 무색 기체로 인화점이 낮아 폭발 위험성이 있다. 요소계와 페놀계의 포름알데히드 합성수지(particle board, 섬유판, 합판 등 생산할 때 접착제의 원료) 생산, 농축한 요소포름알데히드(urea-formaldehyde foam)는 코팅, 종이 생산, 발포단열재에도 이용되며 광화학 스모그 반응 물질의 일종이다.

담배연기, 연소 가스, 가구, 건축자재(카펫, 보드 등), 섬유류 등에서 방출된다. 자극 및 감작성 물질로 과민 또는 알레르기 반응을 일으킬 수 있으며 피부 발진, 눈·호흡기·점막 자극, 화끈거림, 구역질, 현기증, 냄새로 인한 고통 등을 유발한다. 일반적으로 사무실의 실내공기 중 농도는 0.1ppm미만이며 0.01ppm에서도 감수성이 예민한 사람에서는 자극 증상이 나타난다는 보고도 있다. 공기 중 포름알데히드 농도에 따른 인체 자극 영향은 <표 8>과 같다.

동물실험에서 발암성을 근거로 인체발암의심물질(ACGIH A2, suspected human carcinogen)이며 피부 및 호흡기계 감작물질(sensitizer)로 분류되어 있다.



표 8. 공기 중 포름알데히드에 대한 인체 자극 영향

농도 [ppb]	호소율 [%]	자극 정도 ²⁾
1500 ~ 3000	20%	7 ~ 10
	30%이하	5 ~ 7
500 ~ 1500	10 ~ 20%	5 ~ 7
	30% 이하	3 ~ 5
250 ~ 500	20%	3 ~ 5
250 이하	20% 이하	1 ~ 3

총휘발성유기화합물(TVOCs)

실온에서 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상 유기화합물(VOCs, volatile organic compounds)의 총칭으로 실내에서 900여종 이상이 발견되며 이중 250여종은 1ppb 이상 검출되는 것으로 알려져 있다. 대기 중에서 햇빛에 의해 질소산화물과 반응하여 광화학 산화물(photochemical compounds; 예를 들면 PAN, peroxyacetyl nitrate)을 생성시킨다.

아세톤, 메틸에틸케톤, 지방족탄화수소(헥산, 옥탄, 데칸, 운데칸 등), 방향족탄화수소(벤젠, 톨루엔, 자일렌, 에틸벤젠, 스티렌 등), 염소계 용제(디클로로메탄, 트리클로로에틸렌 등), 알코올, 메트아크릴레이트, 아크롤레인 등 유기화합물의 주요 발생원은 페인트, 세척제, 접착제, 사진복사기, 코킹제, 코팅제, 마감재, 페인트 제거제, 살충제, 증약, 제초제, 연소 산물, 가솔린 증기, 담배연기, 화장품 및 기타 개인용품 등이다.

2) 자극지표

- 10: 강한 눈·코·인후 자극. 강한 불쾌감과 냄새
- 7: 중등도의 눈·코·인후 자극. 중등도의 불쾌감
- 5: 약한 눈·코·인후 자극. 약한 불쾌감.

3: 경미한 눈·코·인후 자극. 경미한 불쾌감.

1: 감지할 수 있을 정도의 눈·코·인후 자극. 감지할 수 있을 정도의 불쾌감.

0: 영향 없다.

메스꺼움, 어지러움, 졸음, 눈·호흡기관·피부 및 점막자극, 두통, 피로, 불안감, 가슴압박감 등의 증상을 일으킨다. X-장치, 실리콘 코킹제는 아세트산을 함유하며 눈, 호흡기 및 점막 자극 영향이 있다.

특히 벤젠은 발암성물질로 호흡을 통해 약 50%가 인체로 흡수되며 급성중독일 경우 마취 증상이 나타난다. 호흡곤란, 불규칙한 맥박, 졸음 등을 초래하고 혼수상태에 빠지기도 한다. 만성중독일 경우는 재생불량성빈혈, 백혈병 등 혈액 질환이 발생하기도 한다. 톨루엔도 주로 호흡기로 흡수되며 피부, 목, 눈 등을 자극하고 중추신경계 장애를 나타낼 수 있다.

미국이나 캐나다는 총휘발성유기화합물에 대한 기준이나 가이드라인이 없으나 유럽은 개별물질이 총휘발성유기화합물 농도의 10%를 초과하지 않는 조건으로 권고기준은 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이다. 과민성이 있는 사람의 경우 매우 낮은 농도에서도 심각한 건강이상 증상을 나타낼 수 있다. 실내공기중 이산화탄소 농도가 낮더라도 다른 발생원이 있을 수 있음에 유의해야 한다.

이산화질소(NO_2)

알칼리 및 클로로포름에 용해되는 자극성 냄새를 가진 적갈색 기체로 주요 발생원은 취사용 가스 연소, 흡연, 실내 건축자재, 난방용 연료, 가스엔진 또는 디젤엔진 배기가스 등이며 일산화질소 가스는 배출 후 산화되어 이산화질소가 된다. 대기 중에서 식물의 조직파괴, 괴사, 낙엽 현상을 일으킨다.

눈, 호흡기계 및 점막 자극작용을 하며 호흡 시 체내로 침입해서 폐포까지 도달하여 헤모글로빈의 산소운반능력을 저하시키고 수 시간 내 호흡곤란을 수반한 폐수종 염증을 일으킨다. 호흡기 질환자의 폐기능 저하, 감염저항성 감소, 면역력 저하, 기도장해 등이 나타날 수 있다.



질소산화물의 인체영향은 0.5ppm 정도는 냄새가 감지되나 피해는 없는 정도이며 20~50ppm에서 눈 등의 점막에 자극을 느끼게 되고 500ppm 이상이 되면 한 번의 흡입으로 단시간 내 사망할 수 있다<표 9>.

표 9. 질소산화물의 인체 영향

농도 [ppm]	영향
0.5	냄새를 감지하게 되나 피해는 없다
20	조금이지만, 자극을 느끼게 된다
20 ~ 50	눈 등의 점막에 자극을 느끼게 된다
150	강한 국소자극을 느끼게 된다
500 이상	한번의 흡입으로 단시간내 사망한다

오존(O₃)

정상적 대기 중에서는 약 0.02ppm 정도로 온도에 따라 기체상 또는 액체상으로 존재한다. 가스상 2ppm 미만에서는 냄새가 나쁘지 않지만 농도가 높아지면 자극적인 냄새가 난다.

공기나 물의 소독, 식물, 유지 및 왁스류 표백, 유기합성에 사용되며 강력한 산화제이다. 폐를 침해하는 자극물질로 점막조직, 폐포 및 호흡기능에 영향을 미쳐 기침, 출혈, 부종, 천식 등을 일으키고 만성호흡기계 질환을 악화시킬 수 있다.

동물실험에서는 1ppm을 초과하는 농도에서 만성적인 노출로 세기관지염 및 기관지염이 보고되었으며 인간에서는 1.5ppm 또는 그 보다 낮은 농도에서 두통, 목과 코 및 눈 점막 건조, 폐기능 저하가 관찰되었다. 자동차나 기타 연소과정의 배기가스 중에 함유되어 있는 탄화수소와 질소산화물의 광화학 반응의 결과로도 생성되며 실내발생원은 복사기, 인쇄기, 정전식 공기청정기 등 생활용품과 전기 아크, 연무 등이다.

석면(Asbestos)

자연계에 존재하는 섬유상 수화규산염 광물의 총칭(백석면 chrysotile, 갈석면 amosite, 청석면 crocidolite, 투각섬석석면 tremolite, 직섬석석면 anthophyllite, 녹섬석석면 actinolite 등)으로 내화성, 내열성, 내마모성, 내약품성, 절연성, 방부성, 섬유성이 우수하여 가공을 거쳐 건축자재, 마찰재, 방화재, 내열재, 보온단열재 등 가정용품, 전기제품 등에 사용된다.

정상적으로는 급성 영향을 나타내지 않으나 미세한 섬유입자로 부서지면 공기 중에 섬유 상태로 떠다니게 되고 호흡기를 통해 폐에 침투하게 된다. 폐에서 스스로 정화되지 못하며 세포막과 접촉하여 막이 손상되고 폐의 기능이 저해되며 숨 가쁨, 쉼 목소리, 지속적인 기침, 침 삼킴 어려움, 피로 등의 증상이 나타난다. 석면폐증, 폐암, 악성중피종, 흉막비후 같은 질병이 생길 수 있으며 잠복기는 10년~30년으로 길어 석면노출이 끝난 후에도 질병이 나타날 수 있다. 단열재와 타일을 취급하는 근로자에서 암 이외의 호흡기계 질환에 의한 현저한 사망률 증가가 인정된 바 있다. 또한 흡연으로 인한 폐암 발생률과 흡연자가 석면에 노출되었을 때의 폐암 발생률이 수십 배 이상 증가하는 것이 밝혀져 흡연자는 특히 주의할 필요가 있다.

산업혁명을 거치면서 본격적으로 사용되기 시작하였으나 현재 세계적으로 석면은 금지되는 추세로 유럽 등에서는 1980년대부터 건축자재의 석면사용을 금지했으며 미국 EPA는 1989년 석면이용의 금지 및 단계적 폐지법을 발효시켰으나 1991년 석면업계의 소송 승리로 대다수 쟁점이 무효화 된 바 있다.

우리나라는 1990년 석면을 허가를 받아야하는 유해물질로 규정(산업안전보건법)하면서 석면사용을 규제하기 시작하여 1997년 청석면과 갈석면의 수입·제조·양도·사용이 금지되었고 2003년 직섬석석면, 투각섬석석면, 녹섬석석면이 추가로 금지되었다. 2009년 생활용품[베이비파우더에 들어 있는 활석(talc, 탈크)]에서 석면이 검출되어 사회문제가 된 바 있다.



2015년 4월부터는 대체품이 없더라도 석면이 함유된 제품을 사용하지 못하도록 하여 석면의 사용은 원천적으로 차단되었다.

2008년 석면건축자재 사용실태 조사에 따르면 공공건축물 224개소 중 75.9%(170개소)에서 석면건축자재가 사용된 것으로 나타난 바 있다. 과거 석면을 함유한 건축자재(특히 천정/바닥 타일), 단열재 등을 사용한 건축물이 여전히 남아 있으며 오래된 건물일수록 그 가능성이 높아 갈라지거나 부서지고 있는지 확인하고, 가능하면 건축자재가 파손되지 않도록 주의해야 한다.

기타

황산화물(SO_x, Sulfur Oxides)

자연에 존재하는 석탄과 오일류에는 0.1 ~ 0.5% 정도의 유황이 함유되어 있으며 SO_x로 표시되는 황산화물에는 아황산가스(SO₂, 이산화황), 삼산화황(SO₃), 아황산(H₂SO₃), 황산(H₂SO₄)과 황산구리(CuSO₄), 황산칼슘(CaSO₄), 황산마그네슘(MgSO₄) 등 다수의 황산염이 포함된다. 황을 함유한 연료가 연소될 때 아황산가스와 삼산화황의 발생비율은 40 ~ 80:1 정도이며 배기가스에는 아황산가스와 삼산화황이 주를 이룬다.

광화학반응이나 촉매반응에 의하여 다른 오염물질과 반응하여 대기 중 삼산화황, 황산, 기타 황산염 등 2차 오염물질을 생성한다. 대기의 습도가 높을 때는 물과 반응하여 아황산이나 황산 방울로 존재하며 식물 고사 등을 일으키고 질소산화물과 함께 산성비(acid rain)의 원인이 되기도 한다.

아황산가스는 무색의 불연성 기체로 액체가 되면 강한 자극취를 갖는다. 물에 잘 녹고 알코올, 초산, 황산, 클로로포름, 에테르에도 녹으며 수분이 존재할 때 환원작용을 나타내고 금속 부식성이 강하다. 농업용 훈증제, 살균제, 살충제, 보존제(과일, 야채 부패 방지),

표백제, 광유 정제(방향족 성분 용제 추출), 화학약품 제조 등에 사용된다.

급성적으로는 점막자극, 기침, 재채기, 눈의 통증, 시야 감축, 압박감, 기도저항 등의 증상을 일으키고 만성적으로는 폐렴, 기관지염, 천식, 폐기종, 폐쇄성 질환 등을 유발할 수 있다. 0.03~1ppm 정도에서 자극적인 냄새가 감지되기 시작하며 3ppm에서는 바로 느낄 수 있다. 20ppm에서 눈의 자극, 400~500ppm에서 호흡곤란, 10,000ppm에서 의식불명을 일으킨다.

라돈(Radon, Rn)

라돈은 무색, 무취, 무미의 비활성 가스로 우라늄(Uranium, U) 또는 토륨(Thorium, Th)의 방사성 붕괴로 생성된다.

우라늄과 토륨(고체)은 암석, 토양, 공기, 및 수중에서 발견되며 라듐(Radium, 고체) 같은 원소로 붕괴되고 이는 다시 라돈(가스)이 된다. 같은 원자번호의 다른 원자량을 가진 다른 원자구조, 즉 동위원소를 가지며 가장 일반적인 것이 ^{222}Rn 이다. 알파 입자가 방출되어 폴로늄-218(^{218}Po)이 되고 다시 알파입자가 방출되면 납-214(^{214}Pb)가 된다. ^{222}Rn 의 반감기는 3.82일이며 ^{218}Po 은 3.05분, ^{214}Pb 는 26.8분, ^{210}Pb 은 22.2년이다(ATSDR, 2012). 공기보다 9배 정도 무겁기 때문에 지표면 가까이 존재하며 대기압이 낮은 기간에 방출량이 증가한다. 미국의 외기 중 라돈 농도는 0.4 picocuries/L로 매우 낮지만 시간, 지역, 토양, 기후 조건 등에 따라 농도가 매우 다르고 가정, 학교, 또는 사무실 같은 실내의 라돈 수준은 일반적으로 외기보다 높은 것으로 알려져 있다(ATSDR, 2012).

주요 노출 경로는 호흡기이며 정상적인 조건하에서 흡입된 라돈 가스 노출량은 적지만 이로 인해 ^{214}Po , ^{218}Po 및 비스무스-214(^{214}Bi)와 같이 짧은 반감기를 갖는 생성물이 호흡 기계에 축적되고 기관지 상피세포를 자극한다.

주요 건강장해는 폐암이며 흡연은 폐암을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 미국 NCRP(National Council on Radiation Protection and Measurements)에서는 주거지역에서의 라돈노출 권고치를 폐-암 위험도(lung cancer risk)를 근거로 초과 사망율 2%



를 기준으로 2 WLM³⁾(working level month)으로 제안하였으며 이는 배경농도의 약 10배에 해당한다(NCPR, 1984). EPA에서는 실내 라돈 노출로 인한 폐암사망자를 약 14,000명(불확도 추정 범위; 7,000~30,000명)으로 추정한 바 있다(EPA, 1992).

냄새(Odors)

특유한 냄새를 가진 화학물질은 40만종 정도로 알려져 있으며 유기화합물은 냄새유발 물질이기도 하다. 어떤 화학물질은 매우 낮은 냄새한계를 가진다. 대부분의 근로자는 냄새를 감지하지 못하는 반면 어떤 사람은 아주 낮은 농도에서도 냄새를 감지하게 된다.

냄새 강도지수 '0'은 전혀 감지할 수 없는 무취이며 '0.5'는 극히 미약하여 훈련된 사람만 냄새를 감지할 수 있다. '5'는 참기 어려운 정도로 토하게 된다<표10>. 화학물질과 관련한 냄새는 사무실 실내공기질에 영향을 줄 수 있으며 유기 또는 무기화합물로서 냄새는 기분을 좋게 할 수도 있지만 불쾌하게 할 수도 있으며 어떤 냄새는 건강에 유해할 수 있다.

표 10. 냄새 강도지수

지 수	표 현	영 향
0	무취	전혀 감지할 수 없다
0.5	최소한계	극히 미약하여 훈련된 사람만 냄새 감지한다
1	명확	정상인은 쉽게 냄새 감지하나 불쾌하지는 않다
2	보통	유쾌하지는 않으나 불쾌하지도 않다. 실내에서의 허용강도
3	강함	불쾌하다. 공기는 오염된다
4	맹렬	맹렬하여 불쾌하다
5	참기어려움	토하게 된다

3) 초기 우라늄 광산에서 100 pCi/L의 라돈 농도가 노출기준값으로 채택되었으나 대부분 폐에서의 양은 라돈 가스가 아닌 라돈 핵종에 의한 것임을 알게 되어 새로운 기준값인 WL(working level)이 도입됨, 즉 1 WL=130,000 MeV 알파 에너지/L 공기=20.8μJ 알파에너지/㎥ 공기. 당시 광부들의 1개월간 작업시간은 170시간으로 간단하게 기록보존을 위해 WLM이 도입됨; 1 WLM=170×20.8=3.54 mJ h/㎥ = 17,000 pCi h/L 라돈

담배연기(Environmental Tobacco Smoking, ETS)

담배연기 속에는 분진과 일산화탄소, 이산화질소, 황화수소, 포름알데히드, 페놀, 나프탈렌, 미량 금속(trace metal), 시안화수소 화합물, 암모니아, 벤젠, 벤조(a)피렌, 타르, 니코틴, 방사성 ^{210}Po 등 47,000여 성분이 함유되어 있다. 직접흡연은 건강에 유해하나 양·반응 관계는 아직 확립되지 않았으며 간접흡연의 건강영향에 대해서는 많은 역학적, 실험적 연구가 보고되었다. 호흡기계 자극, 알레르기나 천식이 있는 사람은 때때로 눈·코의 자극, 기침, 쉼썩거림, 재채기, 두통, 피로감 및 이와 관련한 비강 문제를 호소한다. 정신집중력이 떨어지며 만성기관지염, 폐암의 원인이 된다. 어린이들은 폐렴이나 기관지염에 잘 걸리게 되며 실내공기질 문제에 가장 기여도가 큰 오염물질로 대부분은 호흡성 입자 크기이다.

기타 무기 가스(Inorganic Gases)

암모니아, 황화수소 등은 주로 마이크로필름 장치, 창문 세척제, 연소 산물, 담배연기, 청사진 장치 등에서 발생되며 눈·호흡기·점막 자극 증상을 일으키며 만성 호흡기 질환을 악화시킨다.

실내 상주자 활동(Occupants Activities)

상주자의 일상 활동으로 발생할 수 있는 오염물질 중 미세먼지는 의복에도 영향을 받는다. 일상생활에서 흔히 사용되는 의복용 직물은 면, 모, 마, 견, 합성섬유(나일론, 레이온, 폴리에스테르, 폴리우레탄)와 여러 종류의 직물을 혼합한 혼방섬유 등이 있다.

기모(면/폴리에스테르 혼방), 바람막이천(폴리에스테르), 데님(면), 모직(양복지), 모직(니트), 포플린(면), 광목(면)을 일정시간 실외에 방치했다가 실내로 들여와 미세먼지를 얼마나 방출하는지를 실험한 결과에 따르면 사용된 모든 직물에서 실내로 미세먼지가 유입되었다. 미세먼지 유입량은 모직(양복지)과 모직(니트)에서 높았고 바람막이천(폴리에스테르), 데님(면)에서 낮았다. 유입된 먼지의 크기분포는 직물에 따라 다르며 직물 구성 뿐 아니라 직물 조직구조에 따라서도 실내유입량이 달랐다. 결론적으로 의복이 외부 먼지를 실내로 유입하여 실내 오염원이 될 수 있다⁴⁾.

4) 제29회 서울특별시
학생탐구발표대회
탐구보고서.
실외에서 착용한
의류가 실내 미세
먼지 농도에 미치는
영향. 출판부문
환경, 2014.10.06



2. 생물학적 요인

바이러스, 곰팡이, 세균, 진균, 선충류, 아메바, 식물포자, 비듬, 꽃가루(pollen), 진드기 등 바이오에어로졸의 주요 발생원은 공기순환장치 응축액, 냉각탑, 젖은 수건, 습도 높은 실내, 축축한 유기물, 젖은 다공성 표면, 가습기, 온수 시스템, 식물, 동물·곤충 또는 그 배설물, 식품·음식물 등이며 미생물의 농도는 CFU(집락형성수, colony forming unit)/m³로 표현된다. 일반적으로 실내농도는 실외농도와 무관하며 거주조건과 실내에서의 활동과 밀접한 관련이 있다. 과민성 질환(과민성폐렴, 가습기열, 알레르기성 비염 등) 같은 알레르기 반응과 레지오넬라증 같은 감염증을 일으키기도 한다.

Aspergillus fumigatus, *Histoplasma*, *Cryptococcus* 같은 병원성 곰팡이가 실내에서 유의한 수준으로 검출되어서는 안 된다. 그러나 일부는 현재의 공기시료채취방법으로는 검출하지 못하는 한계가 있다.

Stachybotrys atra, *toxigenic aspergillus*, *penicillium* 그리고 *Fusarium*과 같은 독성 곰팡이가 발견되면 추가조사가 필요하며 결과에 따라 개선조치가 수행되어야 한다. 더욱이 실내의 곰팡이 농도가 실외 보다 높은 경우는 주의해야 한다.

Cladosporium, *Alternaria*를 제외한 곰팡이 농도가 50CFU/m³ 이상일 경우 추가조사가 필요함을 의미한다.

여름철에 주 종이 *Cladosporium*이거나 나무 또는 잎에 기생하는 곰팡이의 농도가 500CFU/m³까지는 적합한 수준이라 할 수 있으며 값이 높을수록 오염지역이 있거나 필터의 기능에 문제가 생겼음을 의미한다.

사무실 공기질 관리지침에 정하고 있는 항목 중 생물학적 요인은 총부유세균의 관리기준이다.

총부유세균(Microorganisms)

생물학적 요인으로서 실내공기 중 부유하는 미생물은 세균, 진균(곰팡이), 식물포자, 바이러스 등 매우 다양하며 크기는 $1\mu\text{m}$ 보다 작은 것부터 $100\mu\text{m}$ 까지이다. 호흡, 대화, 기침 등 인간 활동에 의해서도 발생하며 종류에 따라 건강에 미치는 영향도 다르며 극히 독성이 강한 것도 있지만 양적으로는 적은 것이 보통이다. 미생물이 성장하기 위해서는 적절한 온도, 습도, 및 영양분이 필요하기 때문에 습도가 높고 환기가 불충분한 경우 등 공기질이 악화되었을 때 증식이 빨라질 수 있다. 실내에서 건강이상이나 불쾌감을 줄 정도로 충분한 수의 미생물이 존재하기 위해서는 여러 가지 요인이 영향을 미치며, 곰팡이 포자는 토양에 서식하기 때문에 어디든지 존재할 수 있다.

전염성 질환, 알레르기, 호흡기 질환 등을 유발시킬 수 있으며 독소(toxin; 예를 들면 내독소, 마이코톡신, 글루칸)와 알레르겐(세균성, 진균성, 식물 또는 동물로부터 기인한)의 혼합 노출로 인한 건강영향이 보고되었다. 실내에서 바이러스 감염은 일반적인 상황은 아니다. 바이러스는 숙주를 벗어나면 생존하기 어려워 감염된 사람과의 직접 접촉에 의해 옮겨지기 때문이다.

그러나 세균의 경우는 다양한 경로를 통해 질병을 유발할 수 있다. 레지오넬라(Legionella)는 냉각탑, 증발응축기 등에서 증식되어 공기정화설비 등을 통해 다시 실내로 유입되어 감염을 일으키는 대표적인 세균으로 폐렴으로 진행된다. 고농도 곰팡이 포자에 노출되는 경우 과민성폐렴을 유발할 수 있으나 실내환경에서 보고된 경우는 드물다.

세균수가 분진 농도와 비례한다는 연구결과들을 근거로 실내공기오염 물질로서 세균 또는 진균을 포집하여 배양한 후 집락수를 세어 평가한다. 실외에서 발견되지 않는 종이 실내에서 1종 이상 발견되면 실내에 증식장소가 있다는 의미로 해석되며 균의 동정은 측정결과 해석에 중요한 변수이다. 그러나 현재 측정방법과 미생물 배양은 여러 가지 한계점 때문에 가이드라인을 설정하기 어려운 점이 있으나 그럼에도 불구하고 측정된 총부유세균 집락수(CFU/ m^3)는 유용한 지표가 된다.



3. 물리적 요인

열적으로 ‘쾌적함’이란 정상적인 정도의 옷을 입었을 때 너무 춥지도 너무 덥지도 않은 정도로 건강이나 업무 효율성을 위해서도 매우 중요하다. 온도, 습도와 기류가 특정 범위, 즉 쾌적 역(comfort zone) 안에 들었을 때 비로소 성취될 수 있다. 기류가 거의 없고 상대습도가 50%로 유지될 때 실내 열적 쾌적감을 유지하기 위해서는 기온이 가장 결정적인 요소가 된다.

온·습도(Temperature & Humidity)

온도 및 습도는 쾌감 인지에 영향을 미치는 요인으로 온열감각은 개인의 대사열 생산, 환경으로의 열 전이, 생리적 순응, 및 체온과 관련이 있다. 신체로부터 환경으로의 열 전이는 온도, 습도, 기류, 개인 활동, 및 의복에 영향을 받는다.

선호하는 온도는 개인차가 매우 크기 때문에 모두를 만족시킬 수 있는 온도는 없다. 너무 더운 사무실은 근무자를 피곤하게 만들고 반면 너무 추우면 집중력이 떨어지고 제대로 쉬지 못하며 쉽게 산만해진다.

일반적으로 사무실에서 유지되어야 하는 온도는 21~23℃로 외기 온도가 높은 여름철에는 실내온도를 약간 높게 하여 실내·외 온도차가 너무 나지 않도록 유지하는 것이 중요하다. 또한 바닥과 천정과의 온도차는 3℃를 넘지 않는 것이 좋다. 열을 발생시키는 설비·장비·기기가 있거나 창틀을 통한 직사광선 유입 등으로 실내온도가 상승할 수 있으며 냉각기, 겨울철 창틀을 통한 과냉각 등으로 인해 온도가 떨어질 수 있다.

실내의 상대습도 20% 이하에서는 점막과 피부 또는 눈, 비강 건조를 야기하여 불쾌감을 유발할 수 있으며 낮은 상대습도는 정전기를 발생시켜 프린터나 컴퓨터 같은 사무기기

작동에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 상대습도 70% 이상에서는 표면과 장비·건축설비 내부에 응축을 야기하여 그대로 두면 진균(곰팡이)이 성장하게 된다.

호흡기계 증상이나 질환은 습기(dampness)와 관련이 있다는 연구가 있으나 실내오염 물질 중 어떤 측정값이 근무자의 질환위험도를 나타내는지 아직까지 분명치 않다. 대부분의 경우 근무자와 의사들은 건물 환경이 특정한 건강조건(health condition)의 원인이라고 의심하고는 있지만 의학적 검사나 환경측정에서 얻은 정보는 어떤 오염물질이 직접적으로 관련이 있는지를 규명하기에는 불충분하다. 다만 건물관련 증상은 습기, 청정도, 및 환기 특성과 같은 건물 특성과 관련이 있음을 보인다.



기류(Air Velocity/Flow)

대류나 환기에 의해 공기가 치환되기 때문에 기류는 실내 쾌적성에 영향을 미치는 중요한 인자이다. 작업공간의 공기흐름이 충분치 못하다면 통풍이 안 되는 느낌을 줄 수 있지만 과도한 기류는 신체 일부분의 열손실을 초래해 오히려 불쾌감을 줄 수 있다.

0.25m/초 이하에서는 집중력을 요구하는 업무일지라도 집중력이 유의하게 영향을 받지 않는다.



소음·진동(Noise & Vibration)

소음·진동은 직접 인간의 감각을 자극하고 일상생활에도 영향을 미친다. 소음은 “원하지 않는 소리”로 감각적, 국소적, 다발적, 감쇠·소실성인 특징이 있다. 소음의 정의는 ‘기계·기구·시설 그 밖의 물체를 사용 또는 공동주책 등 환경부령으로 정하는 장소에서 사람의 활동으로 인하여 발생하는 강한 소리(법률 제13805호「소음·진동관리법」제2조(정의)’이다.

소음으로 인한 건강영향은 일시적 청력손실(TTS, temporary threshold shift)과 영구적 청력손실(PTS, permanent threshold shift)이 있다. TTS는 소음환경으로부터 벗어나면 일정시간이 지남에 따라 회복되지만 PTS는 청각세포의 손상으로 인해 소음환경에서 벗어나도 청력이 회복되지 않는다. 연령, 기존 질환 여부, 감염 또는 약물, 신체 손상 등도 PTS에 영향을 미치는 요인이다. 그 외에도 수면방해, 정신작업 또는 정밀작업 방해 같은 영향도 있다.

사무실 근무자가 가장 많이 호소하는 불편이 ‘소음’이라는 연구가 있으며 최근에는 팀워크, 의사소통, 및 생산성 등의 이유로 개방형 사무실이 많아짐에 따라 이로 인한 소음발생이 심각해지고 있는 상황이다. ASHRAE는 개방형 사무실에서 의사소통과 정신적 업무수행을 방해받지 않도록 소음수준을 49~58dBA로 권고하고 있다. 사무실 근무자들이 이상적인 작업조건이라고 생각하는 소음수준은 48~52dBA라는 연구가 있다(Fan, 1989).

일반적인 소음수준은 속삭임 34dBA, 대화 60dBA, 진공청소기 69dBA, 대중교통 90dBA, 제트비행기 115dBA, 인체 통각한계 120dBA 정도이다 (Hirschorn, 1989).



진동은 어떤 점의 위치가 시간경과에 따라 임의의 기준 점을 중심으로 반복적으로 상하로 변하는 현상으로 '기계·기구·시설, 그 밖의 물체의 사용으로 인하여 발생하는 강한 흔들림 (법률 제13805호「소음·진동관리법」제2조(정의)''으로 정의하고 있다. 사람에 따라서 차이는 있지만 진동현상을 느낄 수 있는 주요 진동주파수 범위는 0.1~500Hz 영역이다. 심한 영향을 줄 수 있는 진동주파수 범위는 1~90Hz이며 진동레벨이 60dB 이상일 경우 인체는 민감하게 진동현상을 감지하게 되고 60~70dB 범위에서는 수면에 지장을 받을 수 있다. 1Hz 이하의 진동은 주로 멀미를 유발시킬 수 있으며 30~80Hz에서는 운동자의 떨림 현상으로 시야가 흔들릴 수 있다. 진동에 노출되면 심장 박동이 빨라지고 산소사용량이 증가하며 체온 상승 등의 반응을 나타내고 이런 현상이 반복되면 피로도가 증가한다. 외부의 건설작업, 교통기관의 운행 등이 발생원이 된다.

4. 공기정화설비 시스템

공기정화설비등은 그 자체로도 오염원이 될 수 있으며 따라서 이 시스템이 적정하게 유지, 관리되지 않으면 공기필터가 포화되어 미생물 생장에 필요한 영양분과 수분을 제공하거나 냄새가 발생할 수 있다.

실내공기조화(냉·난방)를 위해 공조기가 설치되고 냉열원(냉수코일)을 담당하는 냉동기, 온열원(온수코일)을 담당하는 보일러, 공기순환을 위한 덕트, 송풍기, 냉·온수 순환을 위한 배관과 펌프가 설치되며 이 모든 것이 기계설비를 구성한다.



공기조화의 4요소와 기계설비

공기조화의 4요소는 온도, 습도, 기류 및 청정도이며 이를 제어·관리하기 위한 기계설비는 각각 공조설비, 열원설비, 열수송설비, 위생설비로 구분된다<그림 2>.

공기조화 4요소 및 기계설비 [그림2]



공기정화설비 시스템 구성

공기정화설비 시스템은 (1)외부공기 유입⇒(2)공기혼합과 외부 공기 조절 ⇒(3)공기 필터 ⇒(4)가열·냉방 코일⇒(5)가습·제습장치⇒(6)공급 팬⇒(7)덕트⇒(8)터미널 장치⇒(9)공기 회수장 ⇒(10)배기 팬⇒(11)제어장치⇒(12)보일러⇒(13)냉각탑⇒(14)냉각장치로 구성된다. 일반적인 중앙관리방식의 공기정화설비 등이 제어되는 개요도는 <그림3>과 같으며 각 구성요소 장치의 기능은 <표11>과 같다.

공기정화설비 등의
개요도 [그림3]

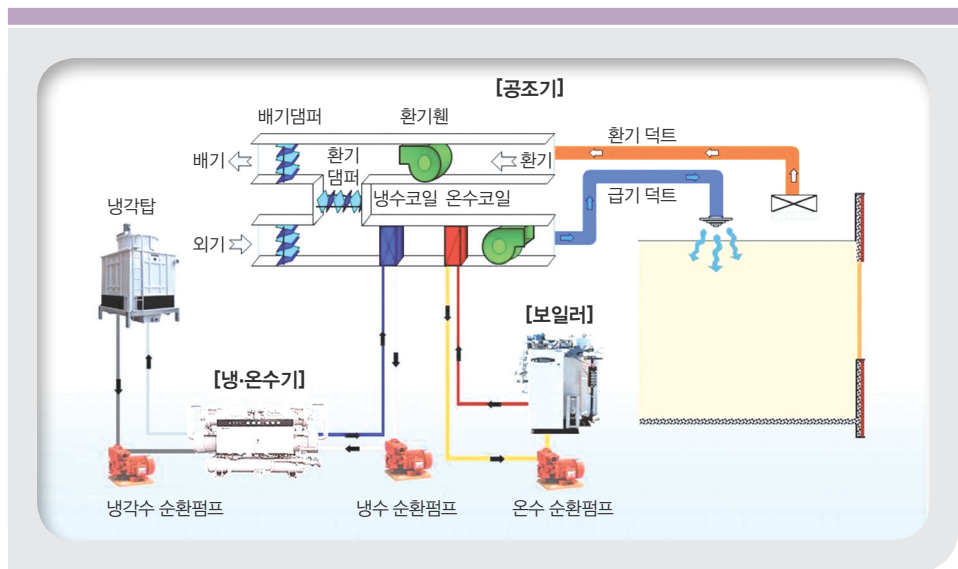




표 11. 공기정화설비 시스템의 구성요소와 기능

구성요소	장치의 기능
외부공기 유입	• 건물 내로 배분되기 전 여과와 냉·난방 단계를 거침 • 주차장, 기타 오염원으로부터 오염물질이 지붕이나 벽 틈으로 유입될 가능성 있음
공기혼합, 외부공기 조절	• 공기조절장치의 혼합공간에서 외부공기는 순환된 실내공기와 섞임 • 댐퍼(damper)는 외기 공기의 유량조절과 원하는 실내온도에 맞추어 외부 공기 유입
공기필터	• 공기 중 입자상 물질 여과 • 최대의 공기질과 최소의 에너지 소비, 효과적 비용관리를 위해 규칙적 필터 관리 필요
가열·냉방코일	• 기류 장치 내에서 이동하는 공기 온도 조절 • 코일 조절 이상시 온도 불안정, 코일 파이프 응결 시 습기과다로 곰팡이, 세균 등의 성장 가능
가습·제습장치	• 공기조절장치와 덕트의 미생물 발생 억제, 실내공기 습도 조절 • 일반적으로 난방이 필요한 시기는 20~30%, 냉방이 필요한 시기는 60% 이하로 유지
공급 팬	• 코일을 통과한 공기는 배분시스템(덕트)으로 이동
덕트	• 공기를 건물 각 부분으로 분배 • 공기조절장치의 주요 문제는 덕트 내 오염물질과 먼지이며 덕트의 구멍, 틈 통해서도 유입 가능
말단(터미널) 장치	• 댐퍼, 덕트, 배기구, 분배제어 장치 등으로 터미널 장치의 위치(천장, 벽, 바닥)와 숫자가 중요
공기회수장치	• 실내공기를 흡입하여 재순환시키는 것으로 덕트와 연결 • 공기조절장치 혼합공간 내 과부하 또는 저압 방지 조절
배기 팬	• 실내공기를 배출하는 것으로 주변 공간 전체압력 보다 낮게 유지 • 오염물질이 다른 경로를 통해 재유입되는 것을 막기 위해 회수시스템과 격리
제어장치	• 팬, 공기온도조절, 공기 흐름 및 압력 조절
보일러	• 연소에 필요한 적당량의 외부 공기 필요 • 높은 에너지 효율 제공 • 폭발, 가스누출, 건물 내로 유입되는 탄화수소 등 관리 필요
냉각탑	• 병원성 세균 등이 성장하지 않도록 관리
냉각장치	• 건물 내 열 제거 • 냉각수는 습기제거를 위해 약 7℃ 정도로 유지

05

chapter

사무실 실내공기질 평가

- 사무실 실내공기질 평가





1. 사무실 실내공기질 평가

실내공기질 문제가 발생하면 근무자들은 여러 가지 건강 상태를 경험하게 되며 대부분 증상은 감기나 인플루엔자 감염과 비슷하기 때문에 증상의 원인이 실내공기질 악화 때문이라고 단정 짓기는 어렵다. 그러나 근무를 시작하고 수 시간 내에 증상이 나타나고 사무실을 벗어나거나 주말 또는 휴가 후 증상이 나아지면 실내공기질 조사가 필요하다. 많은 사람들이 비슷한 증상을 호소하거나 이 사람들이 같은 공간에서 근무하는 사람들이라면 더욱더 실내공기질을 의심해 볼 필요가 있다.

근로자가 건강장해를 호소하는 경우 사업주는 다음의 방법에 따라 해당 사무실의 공기관리 상태를 평가하고 그 결과에 따라 건강장해 예방을 위한 조치를 취해야 한다.

1. 근로자가 호소하는 증상(호흡기, 눈·피부 자극 등) 조사
2. 공기정화설비등의 환기량이 적절한지 여부 조사
3. 외부의 오염물질 유입경로 조사
4. 사무실 내 오염원 조사 등

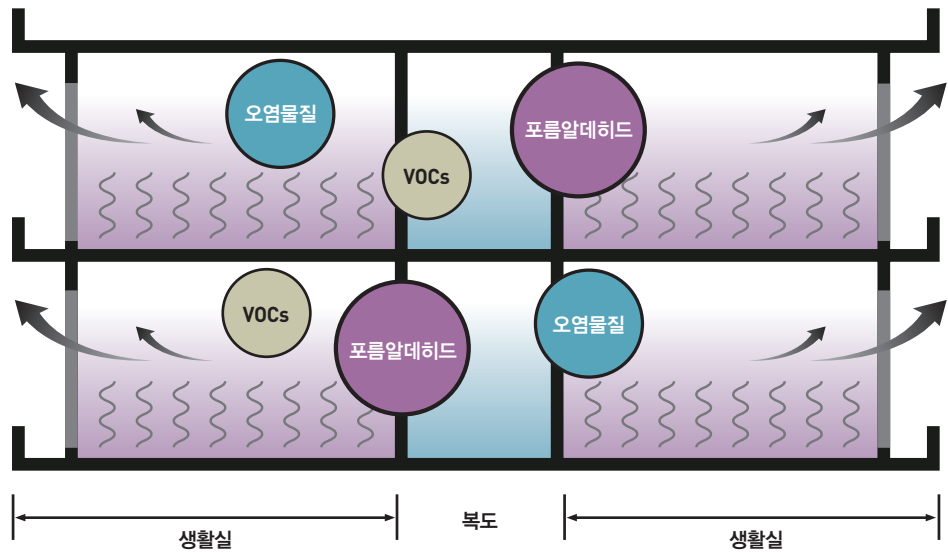
화학물질 노출이 건강에 영향을 미치는 정도는 화학물질이 사무실 공기 중에 얼마나 많이 존재하는지, 상주자가 얼마나 자주 화학물질과 접촉하는지, 화학물질이 인체에 어떤 영향을 끼치는지, 화학물질에 대한 개인의 감수성에 따라 다르다.

일반적으로 호소하는 증상은 눈 따가움, 눈물 흘림, 또는 눈 화끈거림, 피부자극 또는 발진, 코 및 목의 자극, 구역질, 두통, 졸음, 피로 등이지만 이는 특이적인 증상이 아니다.

실내에서 검출되는 유기화합물의 농도는 외기 농도 보다 높으며 이는 발생원의 크기·강도, 공기교환율, 실내 환기 상태, 건축물의 나이, 계절, 상대습도, 진균 또는 습기에 의한 손상 여부, 발생원에서의 방출율, 재료의 흡수 특성, 화학반응성 등 다양한 요소에 영향을 받는다.

실내에서 사용되는 제품 또는 화학물질이 관리되지 않으면 공기정화설비가 제대로 작동되고 있어도 실내공기질 문제를 야기할 수 있음을 주지할 필요가 있다<그림 4>.

사무실 실내 화학물질 발생 모식도 [그림4]



실내공기 오염평가는 <그림 5>와 같이 정보수집, 가설 설정 내용과 그 과정들이 순환되며 평가의 목적은 실내공기 오염에 대한 문제를 해결하고 추후 재발을 방지하는 것이다.



시작(관심을 가져야 하는 이유)

사무실 실내공기질
평가 흐름도 [그림5]

초기조사

- 준비 • 검사 • 상주자/실무자와 대화

불편호소에 대해 설명할 수 있는가?

예

아니오

추가정보 수집

- 건물내 상주자 • HVAC 시스템
- 오염물질 경로 • 오염원(필요한 경우 시료 채집)

문제를 설명하기 위한 한 가지 또는 그 이상의
가설 설정. 건물의 조건/노출 조정 또는
적절한 검사방법으로 검사

결과가 가설을 지지하는가?

아니오

예

제어/관리
전략 적용

타당도
확인/추적

아니오

문제가 해결
되었는가?

예

문제가 재발하지
않도록 필요한
조치

종료

*EPA. Building Air Quality. A Guide for Building Owners and Facility Managers. 1991

위의 단계를 포함하는 절차는 다음과 같이 예비조사를 통해 기본정보를 확인하고 정보 수집과 실내 환기설비 점검, 시료채취 및 분석·평가를 통해 추후 재발과 새로운 문제 발생을 방지한다.

예비조사

실내공기질 악화 또는 문제 발생 가능성이 있는 장소에 대해 가설을 수립하고 검증을 위한 기본정보를 수집한다. 건축물 및/또는 사무실의 내력, 공기정화설비가 영향을 미치는 범위, 오염원의 위치, 오염물질의 이동경로, 상주자 현황, 주요 불편사항 등에 관해 조사한다.

수행될 조사에 대해 상주자들에게 설명하고 세부적 정보수집에 도움이 될 사람(예를 들면 공기정화설비 시스템을 잘 알거나 문제발생 지역에 있었던 사람 또는 잠재적인 원인에 책임이 있는 청소관리자 등)을 확인한다.

정보수집

상주자 현황, 호소내용·불편사항, 실내 환기시스템, 오염경로, 오염원(형태) 등에 관한 상세 정보를 수집한다.

건축물 및/또는 사무실의 조건이나 노출상태를 변화시키거나 적절한 검사를 통해 얻은 결과가 가설을 충족하지 못하면 다른 요인에 대한 세부정보가 필요하다. 명백한 오염원이 존재하는지, 이러한 오염원이 적절히 제어·통제되고 있는지, 불편을 느낀 시간과 장소는 어떤지, 사무실 내 또는 주위에 인체에 영향 미칠 수 있는 조건이나 상태가 존재하는지 등을 확인한다. 상주자로부터 정보를 얻기 위해서는 면담이 가장 확실한 방법이지만 이것이 불가능할 경우는 영향지역의 상황을 반영할 수 있는 일부 집단과 면담할 수 있다. 불편사항을 호소하지 않은 지역 상주자와의 면담을 통해 면담내용을 비교·검토한다. 불편사항으로부터 원인을 추적할 수 있는 점검표 등을 활용한다. 상주자의 불편사항에 관한 정보를 얻음으로써 문제발생의 잠재적 원인 파악, 증상 또는 불편사항 발생원인 규명의 방향, 실내공기질 문제 저감 또는 제거방법 제시 등을 확인할 수 있다.



잠재적인 실내공기질 악화와 관련한 상주자들의 건강상 불편사항을 조사하기 위한 설문(면담)을 수행하고 설문조사결과를 바탕으로 같은 문제의 원인을 찾고 동종의 문제가 재발하지 않도록 활용한다.

공기정화설비 시스템 점검

문제 발생 지역에 영향을 미치는 공기정화시스템 가동 여부를 확인하고 각 구성요소(온도계, 팬, 댐퍼, 필터, 덕트 등)들이 최적의 조건에서 작동되고 있는지 여부를 확인한다. 각 구성요소들의 정기점검, 보정·조정 여부 등도 포함되어야 한다(점검항목은 <부록 4> NIOSH HVAC 체크리스트 - 단축형(번역) 참조).

시료채취 및 분석·평가

사무실 공기질의 측정시기·횟수, 시료채취시간 및 시료채취방법과 분석방법은 각각 <표12> 및 <표13>와 같다. 시료채취지점은 사무실 안에서 공기질이 가장 나쁠 것으로 예상되는 2곳 이상에서 바닥면으로부터 0.9미터 이상 1.5미터 이하의 높이에서 한다. 다만 면적이 500제곱미터를 초과하는 경우에는 500제곱미터마다 1곳씩 추가하여 채취한다.

표 12. 오염물질 측정횟수(측정시기) 및 시료채취시간*

오염물질	측정횟수(측정시기)	시료채취시간
미세먼지(PM10)	연 1회 이상	• 업무시간 동안 - 6시간 이상 연속 측정
일산화탄소(CO)	연 1회 이상	• 업무시작 후 1시간 이내 및 종료 전 1시간 이내 - 각각 10분간 측정
이산화탄소(CO ₂)	연 1회 이상	• 업무시작 후 2시간 전후 및 종료 전 2시간 전후 - 각각 10분간 측정
포름알데히드(HCHO)	연 1회 이상 및 신축 (대수선 포함)건물 입주 전	• 업무시간 동안 - 6시간 이상 연속 측정
총휘발성유기화합물(TVOC)	연 1회 이상 및 신축 (대수선 포함)건물 입주 전	• 업무시작 후 1시간~종료 1시간 전 - 30분간 2회 측정
총부유세균	연 1회 이상	• 업무시작 후 1시간~종료 1시간 전 - 최고 실내온도에서 1회 측정
이산화질소(NO ₂)	연 1회 이상	• 업무시작 후 1시간~종료 1시간 전 - 1시간 측정
오존(O ₃)	연 1회 이상	• 업무시간 동안 - 6시간 이상 연속 측정
석면	석면이 포함된 설비 또는 건축물의 해체·보수 후 입주 전	• 공사완료 후 입주 전 - 6시간 이상 연속 측정

* 고용노동부고시 제2015-43호



표 13. 오염물질 시료채취방법 및 분석방법*

오염물질	시료채취방법	분석방법
미세먼지(PM10)	PM10 샘플러(sampler)를 장착한 고용량 시료채취기에 의한 채취	중량분석(천칭의 해독도: 10 μ g이상)
일산화탄소(CO)	비분산적외선검출기에 의한 채취	검출기의 연속 측정에 의한 직독식 분석
이산화탄소(CO ₂)	비분산적외선검출기 또는 전기화학검출기에 의한 채취	검출기의 연속 측정에 의한 직독식 분석
포름알데히드(HCHO)	2,4-DNPH(2,4-Dinitrophenylhydrazine)가 코팅된 실리카겔관(silicagel tube)이 장착된 시료채취기에 의한 채취	2,4-DNPH(2,4-Dinitrophenylhydrazine)-포름알데히드 유도체를 HPLC-UVD (High Performance Liquid Chromatography-Ultraviolet Detector) 또는 GC-NPD (Gas Chromatography-Nitrogen-Phosphorous Detector)로 분석
총휘발성유기화합물(TVOC)	고체흡착관 또는 캐니스터(canister)로 채취	1. 고체흡착열탈착법 또는 고체흡착용매추출법을 이용한 GC(Gas Chromatography) 분석 2. 캐니스터(canister)를 이용한 GC (Gas Chromatography) 분석
총부유세균	총돌법, 세정법 또는 여과법을 이용한 부유세균채취기(bio air sampler)로 채취	채취·배양된 균주를 세어 공기 체적당 균주수로 산출
이산화질소(NO ₂)	고체흡착관에 의한 시료채취	분광광도계로 분석
오존(O ₃)	유리섬유 여과지를 이용한 여과포집기로 채취	분광광도계로 분석
석면	멤브레인 필터(membrane filter)에 의한 채취	위상차현미경, 편광현미경 또는 전자현미경으로 분석

* 고용노동부고시 제2015-43호

06

chapter

사무실 실내공기질 관리방안

- 사무실 관리책임자
- 근로자(사무실 상주자)

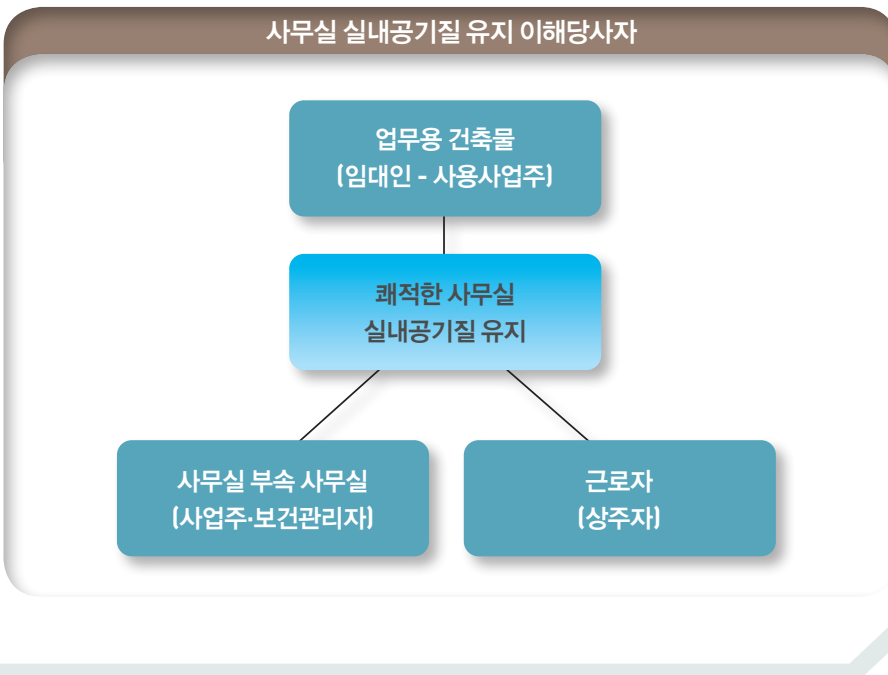




일반적으로 “중앙관리방식의 공기정화설비 등을 갖춘 사무실”은 업무용 건축물이거나 이중 일부를 임대하여 사용하는 대부분의 사무실이 해당될 것이다. 이 경우 건물주(임대인)와 사용사업주(임차인)가 다를 수 있으며 따라서 사무실 실내공기질 관리책임자는 1명 이상이 될 수 있고 이들의 역할 구분 또는 책임 여부를 명확히 할 필요가 있다.

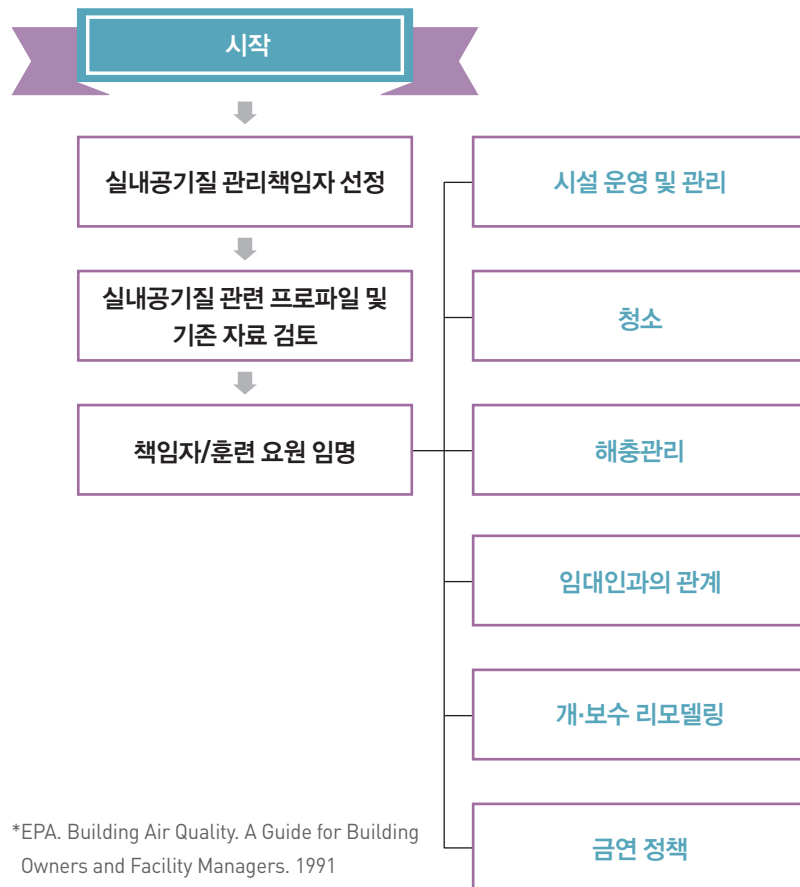
“공장 또는 공사현장과 같은 구역에 있지 아니한 사무실”은 사업장에 부속된 건물에 있는 사무실의 경우가 해당될 수 있으며 이 경우 사업주 또는 보건관리자 등은 사무실 관리 책임자가 될 것이다. 두 경우 모두 근로자(상주자)는 제공된 사무실에서 업무를 수행하게 된다. 어떤 경우든 모든 이해당사자가 쾌적한 사무실 실내공기질 유지를 위한 역할을 다 할 때 업무 효율 향상 뿐 아니라 건강장애 예방에도 기여하게 될 것이다<그림 6>.

사무실 실내공기질 유지 이해당사자 [그림 6]



사무실 실내공기질 관리를 위한 계획 수립단계는 <그림7>와 같다. 우선 실내공기질 관리 책임자가 선정되어야 하고 실내공기질 관련 프로파일 및 기존 자료를 검토한 후 시설 운영 및 관리, 청소, 해충 관리, 임대인과의 관계, 개·보수/리모델링, 금연 정책 등에 대한 책임자를 임명한다.

사무실 실내공기질 평가를 위한 계획 [그림7]



*EPA. Building Air Quality. A Guide for Building Owners and Facility Managers. 1991



사무실 실내공기질 관리를 위한 접근은 크게 3가지

첫째 건물에서 직접 제거하거나 물리적 차단, 공기압 이용, 또는 사용기간 조정 등을 통해 오염원을 격리하는 등의 오염원 관리와

둘째 오염물질을 희석시켜 환기장치를 통해 건물 밖으로 내보내고,

셋째 필터를 사용하여 오염물질이 함유된 공기를 깨끗하게 하는 것이다.

사무실 내에서 발생 가능한 화학물질 노출을 줄이는 것이 근로자의 건강과 실내 공기질을 개선할 수 있는 근본 예방대책이 될 수 있다. 공기정화설비 시스템 배수 팬에 물이 고이거나 덕트 또는 냉각코일 내부에 통제되지 않은 습기 때문에 미생물이 성장할 수 있다.

공기정화설비에 공급되어야 할 필요공기량은 상주자의 수, 장비 형태나 수, 그리고 공간 전체의 크기에 따라 결정되며 환기된 공기의 적절한 분배가 중요하다. 실내공간이 원래의 목적과 다르게 사용된다면 이 변화에 적합하도록 공기정화 설비도 변경이 필요하다.

여과하지 않은 외기는 일산화탄소, 포자나 분진 같은 외부 오염물질을 함유할 수 있으며 이는 건물 내 환기시스템으로 유입되어 온도와 습도를 조절하는 공기정화 설비 능력에 영향을 미칠 수 있어 적절한 필터를 설치하여 관리함으로써 차단할 수 있다. 가스상 물질 또는 화학적 오염물질은 특별한 여과장치가 필요할 수도 있으며 외기는 대기환경기준을 만족해야 한다.

이산화탄소는 호기 중 정상성분이며 실내에 사람들이 많을수록 증가하며 이는 외부공기가 적절하게 유입되고 있는지를 확인하기 위한 지표가 된다.

EPA의 “An Office Building Occupant’s Guide to Indoor Air Quality⁵⁾”는 건물과 관련한 모든 사람들이 알고 있어야 할 것과 취해야 할 행동, 관리책임자 또는 상주자가 알고 있어야 할 것과 취해야 할 행동 등에 대해 잘 설명하고 있다.

5) Indoor Environments Division, Office of Air and Radiation(OAR). EPA-402-K-97-003, 1997

1. 사무실 관리책임자

공기정화설비등 관리

사무실 실내공기질 관리를 위해 공기정화설비 관리는 매우 중요하다. 산업안전보건기준에 관한 규칙(제647조, 제648조)에서는 공기정화설비 등의 가동, 유지관리에 관해 규정하고 있다.

근로자가 중앙관리 방식의 공기정화설비등을 갖춘 사무실에서 근무하는 경우 사무실 오염을 방지할 수 있도록 공기정화설비등을 적절히 가동하여야 하고, 공기정화설비등에 의하여 사무실로 들어오는 공기가 근로자에게 직접 닿지 않도록 하며 기류속도는 초당 0.5미터 이하가 되도록 조치하여야 한다. 공기정화설비등을 수시로 점검하여 필요한 경우 청소하거나 개·보수하는 등 적절한 조치를 취해야 한다. 또한 공기정화시설을 갖춘 사무실에서 근로자 1인당 필요한 최소환기량은 분당 0.57세제곱미터 이상($34.2\text{m}^3/\text{인}\cdot\text{시간}$)이며 환기횟수는 시간당 4회 이상으로 한다.

부적절한 공기정화설비등의 관리나 설계불량으로 인해 실내 공기 오염문제가 발생하는 것을 막기 위해서는 다음과 같은 것을 점검해야 한다.

외기 유입구 위치

외기 유입구 위치가 부적절하여 오염된 외기가 유입되면 오히려 실내공기질을 악화시키는 요인이 된다. 항상 가능한 것은 아니지만 가능한 한 각종 오염물질이 배출되는 장소(예를 들면 보일러 배출구, 수냉식 열교환기, 도로변 등) 근처에 설치하지 않도록 유의한다.



취출구 및 배기구 위치

인체 주변에 흐르는 적정기류의 명확한 값은 없지만 일반적으로 0.1~0.2m/s 정도가 알맞다고 알려져 있다. 기류에 따라 인체 발열량도 영향을 받으므로 약간 빠른 속도까지 허용되며 냉풍인 경우 0.3m/s, 온풍인 경우 0.5m/s 이내 정도이다. 실내로 유입되는 공기의 온도 또는 풍속은 허용치에 도달한 후 분배되어 상주공간으로 흐르도록 한다.

필터 관리

사무실에서 공기정화를 위해 사용되는 필터는 에어필터(또는 전처리 필터)와 포켓필터가 일반적이다. 에어필터는 보통 흰색이지만 장시간 사용 후에는 분진이 퇴적되어 짙은 색으로 변한다. 포켓필터는 에어필터 보다 표면적이 넓어 입자제거 효율이 좋다.

그 외에도 자동 롤형 필터가 있으며 이는 고정식으로 분진이 퇴적되어 차압이 일정 정도 이상 되면 모터가 작동하여 분진이 퇴적된 필터는 감기고 새로운 필터로 자동장착 되는 형태이다. 분진이 많이 발생하는 공조기에서는 전처리용으로 사용되는 경우도 있다.

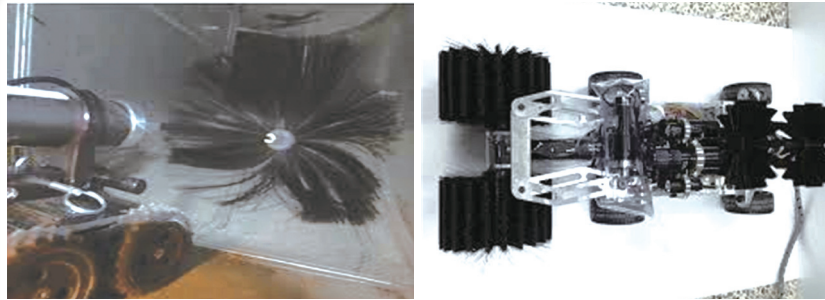
기타 공기정화설비등의 악취 관리

공조시스템의 가습장치, 필터 및 덕트 등에서 증식하는 미생물과 필터시스템 효율 저하로 인한 분진 재유입 등으로 실내공기 오염물질로부터 악취가 발생할 수 있다. 이를 관리하기 위해서는 HVAC 시스템을 구성요소인 공기필터, 덕트, 가습장치, 및 냉·난방코일, 열교환기 등을 각각 관리하여야 한다.

공기정화설비등의 청소

오랫동안 청소하지 않은 덕트나 필터는 각종 세균 및 병원성 미생물, 화학물질 등이 퇴적된 분진을 포함하고 있다. 냉·난방 효율 및 전기료 절감, 시설물의 수명연장, 실내환경 개선 등을 위해서도 청소가 필요하다. 개구된 덕트 관을 통하여 로봇을 투입하거나 압축공기 분사, 솔 등을 이용하여 청소한다<그림 8>.

덕트 청소용 로봇(<https://www.google.co.kr>) [그림8]



사무실공기 관리와 작업기준 준수

산업안전보건기준에 관한 규칙(제649조, 제650조, 제651조, 제652조, 제653조)에서는 사무실공기 관리와 작업기준 등을 규정하고 있다. 근로자 건강장해 방지를 위하여 해당 사무실의 공기를 측정·평가하고 그 결과에 따라 공기정화설비등을 설치하거나 개·보수하는 등 필요한 조치를 하여야 한다. 실외로부터 자동차 매연, 그 밖의 오염물질이 실내로 들어 올 우려가 있는 경우 통풍구·창문·출입문 등의 공기유입구를 재배치하는 등 적절한 조치를 취해야 한다. 미생물로 인한 사무실공기 오염을 방지하기 위하여 조치하여야 하며 건물 개·보수 중 사무실 공기질 악화 우려가 있을 경우 그 작업내용을 근로자에게 알리는 등 적절한 조치를 하여야 한다. 사무실을 항상 청결하게 유지·관리하여야 하며 분진 발생을 최대한 억제할 수 있는 방법을 사용하여 청소하여야 한다.



사무실 작업환경 평가지침(KOSHA GUIDE H-75-2015)에 의한 세부평가항목과 그 평가 기준은 <부록 3>과 같다.

공기정화설비등의 개·보수 시 조치

산업안전보건기준에 관한 규칙(제654조, 제655조)에는 공기정화설비등의 개·보수 시 조치에 관해 규정하고 있다. 근로자가 공기정화설비등을 청소, 개·보수하는 경우 적절한 보호구를 지급하고 착용하도록 하여야 하며 발생하는 사무실오염물질의 종류 및 유해성, 사무실오염물질 발생을 억제할 수 있는 작업방법, 응급조치 요령 등에 관해 근로자에게 알려야 한다.

온·습도 유지

쾌적한 온·습도범위(ASHRAE 55-2010, CSA Standard CAN/ CSA Z412-00(R2011) Office Ergonomics)는 <표 14>과 같으며 이는 적어도 개인의 80% 요구에 부응하는 것으로 확인되었다.

표 14. 쾌적한 온도 및 습도 범위

조건	상대습도	적정온도	
		℃	°F
여름(가벼운 옷차림)	30%일 때	24.5 - 28.0	78 - 82
	60%일 때	23.0 - 25.5	74 - 78
겨울(따뜻한 옷차림) 오존(O ₃)	30%일 때	20.5 - 25.5	69 - 78
	60%일 때	20.0 - 24.0	68 - 75

ANSI/ASHRAE Standard 55-2013: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy는 실내공간에 있는 대다수 상주자의 수용가능한 온열조건을 만드는 실내환경과 개인 요인 사이의 조합을 제시하고 있다. 예를 들어 실내 기류가 40 피트/분 이하 정도로 느리고 상대습도 50%에서 권고한 실효온도(operative temperature)는 68.5~75.0°F (겨울), 75.0~80.5°F(여름)로 계절간 온도범위의 차이는 의복 선택 때문이다. 실내상대습도는 65% 또는 그 이하로 유지할 것을 권고하며 EPA는 진균(mold) 생장을 감소시키기 위한 실내상대습도 30~60% 유지를 권고하였다.

근로자의 쾌적성을 담보하기 위한 것으로 이 값들은 유해성에 근거한 근로자의 건강보호에 맞춰진 법적 규제치와는 다르다는 것을 이해할 필요가 있다. 작업장 노출기준은 양-반응 관계 자료로부터 도출되지만 실내공기질과 관련한 오염물질 노출은 장기간, 저농도로 이에 상당하는 자료가 없으며 여러 가지 유해요인에 동시에 노출되는 영향을 예측하기 위한 정보 역시 현재로서는 충분치 않다.

금연정책 수립

최근에는 흡연자 뿐 아니라 간접흡연을 경험하게 되는 사람도 흡연에 의한 건강영향에 대해 잘 알고 있다. 흡연은 사무실 또는 건물의 환기시스템을 유지하는 비용을 증가시키거나 청결유지 및 흡연으로 인해 오염된 가구류나 자재류의 교체 비용도 발생시킨다.

적절하게 환기되는 흡연실을 별도로 설치하여 중앙환기시스템이나 인접 공간으로 연기가 순환되지 않도록 한다.

기타

사무실 가구배치나 분획, 기기·장비 등을 적절하게 배치하고 유지·관리하여 이러한 집기 등이 온도조절 기능이나 기류, HVAC 시스템에 영향을 주지 않도록 해야 한다.



그 밖에 문제를 일으킬 소지가 있는 방법이나 제품 사용은 피한다. 용제, 접착제, 세정제 또는 살충제 등 최근 사무실에서 사용되는 일상적 제품이나 복사기, 프린터 또는 팩스기 같은 사무기기는 휘발성 오염물질이나 냄새를 유발하는 물질이 함유되어 있다. 이런 경우, 오염물질을 발생시키는 장비는 환기장치를 갖춘 별도의 공간에서 작업할 수 있도록 한다.

일본의 사무소위생기준규칙에 따르면 소음전파를 방지하기 위해 사업자는 소음을 발생시키는 사무기기를 5대 이상 동시에 사용하는 때는 소음전파방지를 위해 차음 또는 흡음 판으로 벽이나 천정을 구획하고 전용작업실을 설치하도록 하고 있다. 실외의 소음·진동에 대해서는 소음원, 진동원 대책과 장벽을 설치하여 격리하도록 한다.

상주자의 불편호소가 있거나 실내공기질 악화가 의심되는 상황에 대한 보고가 있을 때 원활한 의사소통으로 신속한 조치가 가능하도록 한다. 관리를 위한 점검표의 예는 <표 15>와 같다.

표 15. 실내공기질 관리를 위한 점검표(예)

항목	시작 또는 완료 날짜	책임자(이름, 연락처)	장소(해당 장소에서 적용되지 않는 경우, "해당없음"으로 표시)
실내공기질 프로파일			
기존 자료 수집 및 검토			
공기정화설비 설계 자료, 가동 안내서 및 지침서			
공기정화설비 유지 및 보정 기록, 검사 및 조정(balancing) 보고서			
상주자, 기기, 또는 사무실 용도가 변경된 장소 목록			
불편·호소가 있었던 장소의 목록			
건물 및/또는 사무실 예비조사 수행			
책임자 및/또는 계약자 목록, 훈련 및 업무 기술			
양압 또는 음압이 유지되는 장소 특정			

*EPA. Building Air Quality. A Guide for Building Owners and Facility Managers. 1991

2. 근로자(사무실 상주자)

냄새 또는 오염물질을 발생시킬 수 있는 음식물 가열이나 복사기 사용 등 상주자의 일상적인 활동이 실내공기질에 영향을 미치는 것을 인지하여야 한다.

공기정화설비등의 정상 작동 확인

사무실 실내공기질을 쾌적하게 유지하기 위해서는 가동되는 HVAC 시스템이 정상적인 성능을 유지할 수 있도록 급기 또는 배기 등 공기가 순환되는 길목이나 그릴 등을 막지 않도록 한다. 특히 가구류, 상자류, 또는 기타 자재들이 기류를 방해하지 않도록 주의한다. 너무 덥거나 너무 춥거나 건조한 경우는 관리자에게 알린다.

금연정책 준수

건물 또는 사무실의 금연정책을 따르고 흡연은 지정된 장소에서 만 하도록 한다. 사무실에서 간접흡연을 예방하기 위한 설문지(예)는 <표 16>과 같다.

표 16. 사무실 간접흡연 예방 설문*(예)

설문 문항	예	아니오
1. (사업주는) 담배연기에는 발암물질이 들어있으며 담배를 피우지 않는 근로자가 이런 물질에 노출되면 폐암과 다른 암, 심장질환에 걸릴 위험이 커진다는 것을 알리고 있습니까?		
2. (사업주는) 담배를 피우지 않는 근로자에게도 간접흡연으로 니코틴 의존 증상이 생긴다는 것을 알리고 있습니까?		
3. (사업주는) 강력한 금연방침을 시행하고 있습니까?		
4. 지정된 금연구역에는 이를 알리는 표지를 쉽게 볼 수 있도록 설치 또는 부착하고 있습니까?		
5. 담배연기에 노출될 가능성이 있는 경우 간접흡연 예방을 위한 안내문을 비치하고 있습니까?		
6. 흡연자의 금연을 위한 교육을 실시하고 있습니까?		
7. 흡연자의 금연지원 프로그램 참여를 권장하고 있습니까?		
8. 금연시도 중인 동료를 지지하고 있습니까?		

*참고: KOSHA H-35 2011 사업장에서의 간접흡연 예방 지침



급수 설비 등의 청결유지

급수장치를 깨끗하게 유지하고 만약 누수가 있으면 즉시 관리자에게 알린다. 사무실에서 키우는 식물은 적절하게 습도를 유지한다.

쓰레기 적정 처리

쓰레기는 신속하고 적절하게 처리한다. 쓰레기는 적정 용기에 버리고 냄새나 생물학적 오염을 방지하기 위해 매일 비운다.

미세먼지 발생 억제

근무자의 일상 활동이 먼지발생원이 될 수 있다는 점을 인지하여 가능하면 비산먼지가 발생하지 않도록 해야 한다. 미세먼지 농도가 높은 날에는 모직으로 된 옷, 기모(면/폴리에스테르 훈방), 바람막이(폴리에스테르)와 포플린(면)은 입지 않는 것이 좋으며 데님(면)과 광목(면)이 외부로부터의 미세먼지 유입량이 적어 가장 권장된다는 연구가 있다⁶⁾.

음식물 보관 및 적정처리

음식물 보관을 적절하게 해야 한다. 음식물 때문에 해충이 생길 수 있고 냉장보관하지 않은 음식물은 오염될 수 있으며 부패하여 불쾌한 냄새가 날 수 있다. 상하기 쉬운 음식물은 절대로 책상이나 선반에 보관하지 말아야 한다.

관리책임자와의 의사소통

만약 실내공기질과 관련한 문제가 의심되거나 건강영향을 경험했다면 적절한 경로를 통해 관리책임자에게 즉시 알린다. 이렇게 함으로써 문제의 원인을 알고 빨리 적절한 해결책을 찾는 데 도움을 줄 수 있으며 조사에도 협조한다.

6) 제29회 서울특별시학생탐구발표대회 탐구보고서. 실외에서 착용한 의류가 실내 미세먼지 농도에 미치는 영향. 출판부문 환경, 2014.10.06

07

chapter

부록

- 고용노동부 고시
- 관련 KOSHA GUIDES
- 「사무실 실내공기질」평가 세부항목 및 기준
- NIOSH HVAC 체크리스트·단축형(번역)
- 유관단체 명단





부록 1. 고용노동부 고시

구 분	번 호	제 목
고용노동부 고시	제2016-41호	화학물질 및 물리적 인자의 노출기준
	제2015-43호	사무실 공기관리 지침

부록 2. 관련 KOSHA GUIDES

구 분	번 호	제 목
KOSHA GUIDE	H-35-2011	사업장에서의 간접흡연 예방 지침
	H-64-2012	사무실 작업환경 관리지침
	H-140-2013	건축물 등의 석면조사 지침
	H-161-2014	석면조사 과정 및 결과의 기록유지에 관한 지침
	H-75-2015	사무실 작업환경 평가지침
	H-76-2015	국소배기장치 점검·보수시 안전보건 관리지침
	H-82-2012	호흡용 보호구의 사용지침
	A-56-2015	포름알데히드에 대한 작업환경측정분석 기술지침(HPLC)
	A-57-2015	포름알데히드에 대한 작업환경측정분석 기술지침(GC)
	W-1-2014	산업환기설비에 관한 기술지침
	W-16-2016	화학물질의 유해성·위험성 분류 지침

※ 안전보건공단 홈페이지로 들어가 상단의 '정보마당' 메뉴에서 '법령/지침정보 - 안전보건기술지침(GUIDE)'을 클릭하시면 상세한 정보를 볼 수 있음.

부록 3. 「사무실 실내공기질」평가 세부항목 및 기준*

세부평가항목	양호	미흡	불량
① 사무실 오염을 방지하기 위하여 공기정화시설을 가동하고 있으며 기류의 속도는 적절한가?	사무실 오염을 방지하기 위하여 공기정화시설을 적절히 가동하고 기류의 속도가 0.5m/s를 초과하지 않는 경우	사무실 오염을 방지하기 위하여 공기정화시설을 가동하고 기류의 속도가 0.5m/s를 초과하는 경우	사무실 오염을 방지하기 위하여 공기정화시설을 가동하지 않는 경우
② 공기정화시설에 대하여는 수시로 점검을 실시하고 필요시 개·보수 등 적절한 조치를 취하고 있는가?	공기정화시설에 부수한 집진설비나 온·습도 유지설비를 주기적으로 개·보수하고 기록을 관리하는 경우	공기정화시설에 부수한 집진설비나 온·습도 유지설비를 주기적으로 개·보수하고 있으나 관련 기록이 없는 경우	공기정화시설에 부수한 집진설비나 온·습도 유지설비를 적절히 관리하지 않는 경우
③ 이산화탄소 등에 대한 사무실 공기질 기준을 준수하는가?	다음 기준에 각각 90% 이상 적합한 경우 -CO: 10ppm이하 -CO2: 1000ppm이하 -호흡성분진: 150 μ g/m ³ -HCHO: 0.1ppm이하	해당 기준에 각각 70% 이상 적합한 경우	해당 기준의 70%에 미달하는 항목이 있는 경우
④ 공기정화시설을 개·보수하는 경우 보호구의 지급과 오염물질에 대한 주지 등을 실시하고 있는가?	공기정화시설의 개·보수시 적절한 보호구 지급과 오염물질에 대한 주지를 실시하고 결과를 보존하는 경우	공기정화시설의 개·보수시 적절한 보호구를 지급하지 않거나 오염물질에 대한 주지를 실시하지 않는 경우	공기정화시설의 개·보수시 적절한 보호구를 지급하지 않고 오염물질에 대한 주지도 실시하지 않는 경우

* KOSHA GUIDE H-75-2015 사무실 작업환경 평가지침



부록 4 NIOSH HVAC 체크리스트 - 단축형(번역)

HVAC 체크리스트 - 단축형(번역)

건물명: _____ 주소: _____ 4쪽 중 1

작성자: _____ 날짜: _____ 문서번호: _____

Sections 2, 4 및 6과 Appendix B는 HVAC 시스템과 실내공기질과의 관련성에 대해 논의.

기계실

- 깨끗하고 건조한가? _____
- 보관된 폐기물이나 화학물질은? _____
- 주의가 필요한 항목(item)에 대해 기술하시오. _____

주요 기계설비

- 유지·보수(preventive maintenance, PM) 계획 _____

제어시스템

- 형태 및 작동방법 _____
- 가장 최근 보정(calibration) 날짜 _____

보일러

- 정격 Btu _____ 상태 _____
- 연소 공기: 2,000 Btu당 적어도 1sq inch의 면적(free area)이 있는가? _____
- 연료 또는 연소 시 냄새 _____

냉각탑

- 깨끗한가? 누출/누수나 넘치지는 않는가? _____ 점액이나 조류 생장? _____
- 살생물제/약품 처리작업을 하는가? (살생물제/약품 목록) _____
- 누출방지 대책은? _____
- 분진 분리기(dirt separator)는 작동하는가? _____

냉각장치

- 냉매 유출 여부는? _____
- 응축이 발생하는가? _____
- 폐유나 냉매가 적절하게 보관·처리되는가? _____

HVAC 체크리스트 - 단축형(번역)

건물명: _____ 주소: _____ 4쪽 중 2
 작성자: _____ 날짜: _____ 문서번호: _____

공기조화 장치

■ 장치번호 _____ 장소/구역 _____

외기 유입, 프레넘(plenum)과 댐퍼(damper) 혼합

- 급기 장소/지점 _____
- 가까운 오염원 여부? (기술) _____
- 조류(bird) 스크린이 설치되어 있으며 풍량에 영향 주지 않는가? _____
- 설계된 총 cfm _____ 외기 (O.A.) cfm _____ 가장 최근에 검사한 날짜 _____
- 최소 % O.A. (댐퍼 세팅) _____ 최대 cfm O.A. $\frac{(\text{total cfm} \times \text{minimum \% O.A.})}{100} =$ _____
- 최근 O.A. 댐퍼 세팅 (날짜, 시간, 및 HVAC 작동 모드) _____
- 댐퍼 제어 결과 (기술) _____
- 댐퍼 조건과 관리 (note date) _____

팬

- 관리/점검 결과 _____
- 조건 (note date) _____
- 지시 온도 급기 _____ 혼합공기 _____ 환기 _____ 외기 _____
- 실제 온도 급기 _____ 혼합공기 _____ 환기 _____ 외기 _____

코일

- 가온유체 온도 _____ ΔT _____ 냉각유체 온도 _____ ΔT _____
- 관리 (기술) _____
- 조건 (note date) _____

가습기

- 형태 _____ 살생물제 사용시, 형태 기록 _____
- 조건 (넘침 없음, drains trapped, 모든 노즐 작동?) _____
- 점액, 눈에 띄는 생장, 광물질 축적이 없는가? _____



HVAC 체크리스트 - 단축형(번역)

건물명: _____ 주소: _____ 4쪽 중 3

작성자: _____ 날짜: _____ 문서번호: _____

배분 시스템

구역/ 방	시스템 형태	급기 supply air		환기 return air		배기 power exhaust		
		ducted/ unducted	cfm*	ducted/ unducted	cfm*	cfm*	control	servers (예. 화장실)

배분시스템과 말단 장비 조건 (문제가 있는 지점 기록)

- 유지·보수 접근이 적절한가? _____
- 덕크와 코일이 깨끗하고 차단되어 있는가? _____
- 공기 경로는 방해받지 않는가? 급기 _____ 환기 _____ 이송 _____ 배기 _____ make-up _____
- 차단된 공기 경로, 디퓨저, 또는 그릴 장소 기록 _____
- 프레넘에 의도치 않은 개구부는 없는가? _____
- 관리 운영은 적절한가? _____
- 공기 부피는 적절한가? _____
- 드레인 팬은 깨끗한가? 눈에 띄는 생장이나 냄새는 없는가? _____

필터

위치	형태/등급	크기	가장 최근 교체한 날짜	조건 (날짜 기록)

HVAC 체크리스트 - 단축형(번역)

건물명: _____ 주소: _____ 4쪽 중 4
 작성자: _____ 날짜: _____ 문서번호: _____

상주 공간

온도조절장치 형태

구역/방	온도조절장치 위치	온도조절 장치는 무엇을 조절하는가?	설정점		온도측정값	일/시간
			여름	겨울		

가습/제습 조절장치 형태

구역/방	가습/제습 조절장치 위치	무엇을 조절하는가?	설정점 (%RH)	습도측정값	일/시간

- 잠재적인 문제점 (위치 기록)
- 실내 온열 쾌적감 또는 공기순환 적정성 (drafts, obstructed airflow, stagnant air, overcrowding, poor thermostat location)
- 오작동 장비
- 주요 악취원 또는 오염물질 (예, 환기불량, 양립할 수 없는 공간 사용)



부록5 유관단체 명단

단체명	소재지	홈페이지	대표전화
(사)대한산업보건협회 광주산업보건센터	광주광역시 광산구 사암로 414(흑석동) 534번지	http://kiha21.or.kr/	[062]956-9012
(사)대한산업보건협회 대전산업보건센터	대전광역시 대덕구 대덕대로 1403(문평동) 82-2번지	http://kiha21.or.kr/	[042]933-3200
(사)대한산업보건협회 전북산업보건센터	전라북도 전주시 덕진구 기린대로 1030(여의동) 654-1번지	http://kiha21.or.kr/	[063]225-1242
(주)그린환경	경상남도 창원시 성산구 중앙대로 562층 (상남동) 71-2번지 양지빌딩	http://green-env.co.kr/web/main/main.html	[055]266-8494
(주)누리환경기술센터	경상남도 창원시 성산구 연덕로15번길 165층	http://www.nuricenter.com/	[055]267-2770
(주)원일환경안전연구원	경기도 안산시 단원구 광덕4로 116대덕프라자302 303호 (고잔동)	http://www.wonilenv.co.kr/wonil/intro.php	[031]498-4187
(주)청담이애크	경기도의정부시 경의로 13-1(의정부동, 청담빌딩) (의정부동, 청담빌딩)	http://실내공기측정.com/	[031]878-8188
(주)한국보건환경연구소	서울특별시성동구 성수이로 87(성수동2가, 성문빌딩) 2층	http://www.한국보건.kr/	[02]453-7315
(주)혜성환경	경기도안양시동안구 귀인로79번길 35(호계동)	http://www.heysoung.co.kr/	[031]473-3413
순천향대학교	충청남도 아산시 신창면 순천향로 22	https://homepage.sch.ac.kr/sch/index.jsp	[041]530-1772
실내환경연구소(주)	부산광역시해운대구 센텀북대로 60(재송동, 센텀 아이에스타워) 1609호	http://inair.kr/	[051]512-4225

[연구진]

연구기관	을지대학교 산학협력단
연구책임자	김숙영 (교수, 을지대학교 간호대학)
연구원	김형아 (교수, 가톨릭대학교)
연구상대역	이상희 (차장, 안전보건공단 직업건강실)

[연구기간]

2016. 6. ~ 11.

2017-직업건강-880

「사무실에서의 실내공기질 관리」가이드라인

- 발 행 일 : 2017년 10월
- 발 행 인 : 안전보건공단 이사장 이영순
- 연구책임자 : 을지대학교 김숙영
- 발 행 처 : 안전보건공단 직업건강실
- 주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400(북정동)
- 전 화 : (052) 7030-640
- 팩 스 : (052) 7030-317
- Homepage : <http://www.kosha.or.kr>

산업재해예방

안전보건공단



안전보건공단 울산광역시 중구 종가로 400(북정동)